ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 JUIN 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIOLOGIE. — *Rôle de la rate dans la nutrition.* Note de M. **Charles Richet**.

Voici de nouvelles expériences sur le rôle fondamental, cependant très obscur encore, de la rate dans la nutrition.

Dans une Note antérieure [1] j'avais montré que les chiens dératés supportent moins bien le jeûne que les chiens normaux.

Pourtant, si l'alimentation est convenable et suffisante, les dératés ne maigrissent pas plus que les normaux, et la mortalité est nulle. J'ai observé 14 chiens dératés depuis huit mois environ, absolument guéris de la plaie opératoire et j'ai comparé leurs variations de poids à celles de 7 chiens normaux, alimentés de la même manière, c'est-à-dire avec du pain et de la viande. Les uns et les autres pouvaient s'alimenter *ad libitum*.

Au bout de 79 jours (du 14 novembre 1922 au 3 février 1923) les uns et les autres avaient augmenté dans de notables proportions, encore qu'ils fussent tous adultes. La moyenne du croît pour les 14 chiens dératés a été de 100 à 115,8; la moyenne du croît pour les 7 chiens normaux a été de 100 à 113,6; autrement dit, tout à fait comparable.

Mais les choses sont bien différentes non seulement si l'on fait jeûner ces chiens — comme je l'ai indiqué dans la Note précédente — mais encore si on leur donne une alimentation qui n'est pas aussi bien adaptée à la nutrition que la pâtée habituelle.

---

[1] *La rate, organe utile, non nécessaire* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1026).

Du 24 mars au 3 juin 1923, c'est-à-dire pendant 71 jours, j'ai alimenté 9 chiens, dont 5 dératés et 4 normaux, avec de la viande cuite additionnée de farine de riz cuite et de saccharose (farine de riz 1000^{gr} pour 250^{gr} de viande et 100^{gr} de saccharose), le tout étant dilué dans de l'eau, et soumis à une ébullition d'une heure.

Selon toute apparence, cette alimentation ne contient pas de vitamines; car la cuisson détruit probablement les vitamines de la viande, et il n'y a pas de vitamines dans la farine de riz (décortiqué) et dans le saccharose.

Mais je n'insiste pas ici sur la présence ou l'absence de vitamines dans cette alimentation. C'est une question que j'étudie en ce moment, et pour laquelle les expériences démonstratives me font défaut encore. Je ne veux parler que de la différence entre les chiens dératés et les chiens normaux.

Les quatre chiens normaux ont parfaitement supporté cette alimentation spéciale. Voici leurs poids (rapportés au poids initial, supposé égal à 100) pris de 9 en 9 jours :

		9e jour.	18e jour.	27e jour.	36e jour.	45e jour.	72e jour.
L	100	106	99	100	95	94	97
I	100	90	103	99	102	103	103
A	100	94	97	97	97	101	102
Ld	100	84	88	88	92	90	94
Moyenne	100	94	97	97	97	97	99

Au contraire, pour les chiens dératés, nous avons une mortalité de 60 pour 100. Les chiffres sont alors :

		9e jour.	18e jour.	27e jour.	36e jour.	45e jour.	72e jour.
P	100	102	107	112	102	100	mort
M	100	88	92	91	84	mort	»
A	100	87	86	82	mort	»	»
Ch	100	103	105	106	116	116	120
S	100	91	94	94	94	100	96
Moyenne	100	94	97	97	80	63	54

Divers faits importants se dégagent de cette double expérience.

C'est d'abord qu'au début, pendant 4 semaines (exactement 27 jours), il n'y eut aucune différence appréciable entre la nutrition des normaux et celle des dératés.

Mais, à partir de la 4e semaine, il y a eu, chez les dératés, des morts : une mort, le 27e; une autre, le 46e; une autre, le 71e jour. Les deux premiers sont morts avec tous les symptômes névritiques graduels de l'avitaminose. Le troisième, en bonne santé apparente, est mort presque subitement (P.).

Pour comprendre le sens de cette expérience, il suffira d'établir trois faits :

1° Les chiens nourris à la viande cuite seule meurent en 1 mois, ou 6 semaines tout au plus.

2° Les chiens nourris à la viande cuite avec farine de riz et sucre survivent et ne perdent pas de poids.

3° Les chiens dératés, soumis à la viande cuite avec farine de riz et sucre, ne survivent pas et meurent à peu près aussi vite que s'ils avaient reçu de la viande cuite seule.

Il s'ensuit que la rate joue un rôle important, sinon essentiel, dans la nutrition, spécialement dans l'assimilation des hydrates de carbone, comme l'avaient très vaguement entrevu M. Schiff, et, avec plus de précision, V. Pachon, en montrant la synergie fonctionnelle de la rate et du pancréas.

Toutefois le problème est loin d'être simple, car un des cinq chiens dératés (Ch.) non seulement ne pâtit point de ce régime spécial, mais encore il augmente beaucoup de poids (plus que les témoins) et est en pleine vigueur au 75e jour.

En outre les chiens dératés alimentés avec la pâtée ordinaire, pain et viande cuite, ne pâtissent pas, puisque pendant plus d'un an je les ai main tenus tous en bonne santé. Mais cela n'infirme nullement le fait qu'avec de la farine de riz et de la viande cuite les animaux ne survivent pas.

Après splénectomie, quel est le rôle des hydrates de carbone? Quel est le rôle des vitamines? C'est ce que des expériences ultérieures nous apprendront.

Ce qui d'ores et déjà est dûment établi, c'est que la rate joue un rôle important dans l'assimilation des aliments et de certains aliments (1).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur un nouveau sucre, le procellose, obtenu à partir de la cellulose.* Note de M. **Gabriel Bertrand** et Mlle **S. Benoist**.

On sait, depuis Braconnot (2), que la cellulose est une espèce d'anhydride du glucose que l'on peut transformer complètement en ce sucre réducteur

(1) Le docteur Perrin, de Saint-Denis, m'a communiqué l'observation d'un malade à qui il a dû faire, pour remédier à un grave traumatisme hémorragique, l'ablation totale de la rate. Ce malade, complètement guéri aujourd'hui, a un *appétit formidable*. Je serais très désireux d'avoir d'autres observations, prises sur des malades opérés de splénectomie totale, et guéris.

(2) *Ann. Chim. Phys.*, 2e série, t. **12**, 1819, p. 172.

par fixation d'eau à l'aide des acides. La transformation a lieu d'après l'équation suivante :

$$(C^6H^{10}O^5)^n + nH^2O = nC^6H^{12}O^6.$$

Mais on ignore la grandeur du coefficient n et la façon dont sont associés les restes de glucose.

Skraup et König ([1]) ont fait faire, en 1901, un grand progrès à ce problème complexe. Ils ont reconnu que le produit essentiel de l'action de l'anhydride acétique sur la cellulose, obtenu à l'état cristallisé en 1879 par Franchimont ([2]), était l'octacétate d'un nouveau disaccharide : le cellobiose ou cellose, dédoublable par hydrolyse en deux molécules de glucose. Cette découverte aurait permis de considérer la cellulose comme formée d'un certain nombre de molécules de cellose, unies entre elles avec élimination d'un nombre égal de molécules d'eau, si diverses objections ne s'étaient présentées depuis contre cette manière de voir. La plus importante est l'insuffisance du rendement en cellose qui, dans les meilleures conditions, ne dépasse par les deux tiers de celui que l'on devrait atteindre ([3]).

Nous nous sommes demandés s'il n'existait pas un produit intermédiaire entre la cellulose et le cellose et nous l'avons rencontré en étudiant les eaux mères alcooliques de la cristallisation de l'octacétate de cellose.

Préparation du procellose. — De la cellulose, prise sous forme de papier à filtre, est attaquée, suivant la technique de Maquenne et Goodwin ([4]), par un mélange d'anhydride acétique (distillant entre 135° et 140°) et d'acide sulfurique de densité 1,835. Le produit de la réaction est précipité par l'eau, lavé, séché à une douce température et dissous à l'ébullition dans l'alcool à 95 centièmes, à raison de 500^g de produit sec pour 2 litres d'alcool. On filtre à chaud et laisse cristalliser l'octacétate de cellose pendant 24 heures. C'est dans le liquide, séparé par essorage, que le nouveau sucre est contenu à l'état d'acétate.

Pour le libérer, on ajoute peu à peu au liquide, en maintenant la température au-dessous de + 25°-30°, une solution alcoolique concentrée de potasse, tant qu'il se forme un précipité. Celui-ci, de couleur jaune brun, gluant, n'est autre chose que la combinaison potassique du sucre, ou plutôt

---

([1]) *Ber. d. Ges.*, t. 34, 1901, p. 1115.
([2]) *Ber. d. Ges.*, t. 12, 1879, p. 1941.
([3]) Encore ne s'agit-il là que d'un rendement établi d'après une méthode indirecte, la proportion de sucre réellement isolée étant beaucoup plus basse.
([4]) *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. 31, 1904, p. 854.

des sucres libérés de leurs acétates. Il adhère vite aux parois du verre à pied dans lequel on fait l'expérience. Après avoir décanté le liquide surnageant, on le lave deux ou trois fois avec de l'alcool à 95°, puis on le dissout dans la plus petite quantité d'eau possible, en continuant à refroidir. Sans attendre davantage, on précipite la potasse par l'acide perchlorique et l'alcool et, après un repos de quelques heures, on essore à la trompe. Le liquide est alors concentré par distillation dans le vide. Il reste un sirop épais, dont le poids égale environ la moitié de celui de la cellulose employée.

Ce sirop renferme un peu de perchlorate, le cellose qui ne s'était pas séparé comme acétate cristallisé, d'autres substances encore qu'il faut éliminer pour avoir le nouveau sucre à l'état de pureté.

On épuise systématiquement le sirop à l'ébullition, d'abord par l'alcool à 95°, puis par l'alcool à 85°. Après chaque épuisement, on laisse refroidir à fond, on décante le liquide et on l'abandonne en vase bouché à la cristallisation, pendant plusieurs semaines. On sépare alors les dépôts et on les examine isolément. Ceux qui proviennent de l'alcool à 95° renferment surtout le perchlorate de potassium et le cellose, tandis que ceux obtenus avec l'alcool à 85° sont formés, pour la plupart, du nouveau sucre à l'état presque pur. On rassemble tous les dépôts fondant entre 205° et 210°, dont le rapport des pouvoirs réducteurs après et avant hydrolyse est voisin de 2, et on les purifie par une seconde cristallisation dans l'alcool à 85°. On obtient ainsi 1 à 2 parties du nouveau sucre pour 100 de cellulose.

Propriétés du procellose. — Ce nouveau sucre se dépose lentement de l'alcool à 85° en croûtes de sphérocristaux, contenant 2 molécules d'eau. Dans le vide, en présence d'acide sulfurique, il perd très vite la première molécule d'eau, mais pas complètement la seconde; il faut utiliser, pour cela, l'anhydride phosphorique ou bien chauffer le sucre vers +90°. Anhydre, le procellose reprend de l'eau à l'air avec une grande rapidité, jusqu'à concurrence d'une molécule.

La composition du procellose répond à celle d'un trisaccharide du glucose. Voici les chiffres fournis par l'analyse élémentaire et rapportés au corps anhydre :

	Carbone pour 100.	Hydrogène pour 100.
Trouvé	42,74	6,49
Calculé pour $C^{12}H^{22}O^{11}$	42,10	6,43
» $C^{18}H^{32}O^{16}$	42,85	6,35
» $C^{24}H^{42}O^{21}$	43,25	6,30

La cryoscopie a d'ailleurs donné, pour $2^g,382$ de sucre anhydre dissous dans $48^g,238$ d'eau distillée, un abaissement de la température de congélation de $0^\circ,193$, correspondant à un poids moléculaire de 473. Or, on a obtenu avec le cellose, à la même concentration, 286 et le calcul donne pour

un disaccharide................	342
un trisaccharide................	504
un tétrasaccharide..............	666

Le procellose est très soluble dans l'eau et pratiquement insoluble à froid dans l'alcool concentré. Dans l'alcool étendu à 70 pour 100 sa solubilité est de $1^g,2$ par litre, à la température de $+18^\circ$.

Le point de fusion au bloc Maquenne, est voisin de $+210^\circ$.

Le pouvoir rotatoire, mesuré après 24 heures sur une solution aqueuse au $\frac{1}{20}$, a donné $[\alpha]_D = +22^\circ,8$ à la température de $+21^\circ$.

Traité à chaud par un excès de chlorhydrate de phénylhydrazine en présence d'acétate de sodium, le procellose fournit une osazone d'une belle couleur jaune, brunissant à l'air, dans laquelle il a été trouvé, par la méthode de Dumas, une proportion d'azote de 8,12 pour 100, les proportions calculées étant, pour les osazones,

d'un disaccharide..............	10,76
d'un trisaccharide..............	8,21
d'un tétrasaccharide...........	6,63

Le pouvoir réducteur du procellose, déterminé par la méthode de G. Bertrand [1] est de 50 pour 100 de celui du glucose. Il augmente lentement par chauffage avec l'acide chlorhydrique étendu et devient égal à 107-108, ce qui correspond à une transformation en trois molécules de glucose.

Constitution du procellose. — D'après la composition élémentaire, la teneur en eau de cristallisation, la dépression cryoscopique, l'action de la phénylhydrazine et l'hydrolyse acide, le procellose est un triglucoside réducteur.

Si l'on admet, comme cela est vraisemblable, que le nouveau sucre est un produit d'hydrolyse intermédiaire entre la cellulose et le cellose, on

(1) *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. 25, 1906, p. 1285.

doit le représenter par la formule développée suivante :

```
                       ┌────────O────────┐
CH²OH—CHOH—CH—(CHOH)²—CH
                                         |
                                         O
                                         |   ┌────────O────────┐
                           CH²OH—CH—CH—(CHOH)²—CH
                                                               |
                                                               O
                                                               |
                                          CH²OH—CH—(CHOH)³—COH
```

en tenant compte des résultats obtenus récemment par Irvine et Hirst (1), d'après lesquels tous les restes de glucose engagés dans la molécule de la cellulose sont liés par les chaînons carbonés 1 et 5.

Le procellose dériverait alors de l'unité moléculaire qu'Irvinc et Hirst supposent exister dans la cellulose :

```
                 CH²OH
                   |    ┌──────O──────┐
      ┌CH—O—CH—CH—(CHOH)²—CH
      |  |                             |
      O (CHOH)²                        O
      |  |                             |
      └CH                              |
       CH—O—CH—(CHOH)²—CH—CH—CH²OH
       |       └──────O──────┘
       CH²OH
```

par fixation d'une molécule d'eau et ouverture de la chaîne triglucosique. Par hydrolyse, il donnerait d'abord une molécule de glucose et une de cellose, puis, finalement, trois molécules de glucose.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur deux systèmes triples orthogonaux qui se correspondent de telle sorte que les premières tangentes aux deux systèmes soient polaires réciproques par rapport à un complexe linéaire.* Note de M. C. **Guichard**.

Les systèmes cherchés se rattachent à une classe particulière de systèmes O situés dans un espace d'ordre quatre ; systèmes que je vais définir. Je désigne par

$$\Delta = \begin{vmatrix} x_1 & x_2 & x_3 & x_4 \\ \xi_1^1 & \xi_1^2 & \xi_1^3 & \xi_1^4 \\ \xi_2^1 & \xi_2^2 & \xi_2^3 & \xi_2^4 \\ \xi_3^1 & \xi_3^2 & \xi_3^3 & \xi_3^4 \end{vmatrix}$$

(1) *J. Chem. Soc.*, t. 123, 1923, p. 518.

un déterminant O d'ordre quatre; par a, b, c, β_{ik} ses rotations ([1]). Soit l'équation du second ordre

$$(1) \qquad 2\frac{\partial^2 \varphi}{\partial u\, \partial v} = \sin 2\varphi.$$

Je prends deux solutions quelconques θ et χ de cette équation; dans la fonction θ je remplace u par u_1 et v par $u_2 + u_3$; dans la fonction χ je remplace u par u_1 et v par $u_2 - u_3$. Les rotations de Δ ont les valeurs suivantes :

$$(2) \quad \begin{cases} a = \dfrac{\partial(\theta+\chi)}{\partial u_1}, & b = \omega \sin(\theta+\chi), & c = \omega\cos(\theta+\chi), \\ \beta_{12} = \quad \omega\cos(\theta+\chi), & \beta_{21} = \dfrac{1}{\omega}\cos(\theta-\chi), & \beta_{23} = -\dfrac{\partial(\theta+\chi)}{\partial u_2}, \\ \beta_{13} = -\omega\sin(\theta+\chi), & \beta_{31} = \dfrac{1}{\omega}\sin(\theta-\chi), & \beta_{32} = \quad \dfrac{\partial(\theta+\chi)}{\partial u_3}, \end{cases}$$

où ω désigne une constante arbitraire. On vérifie facilement en remarquant que θ et χ sont relations de l'équation (1), que toutes les relations qui doivent exister entre les rotations sont vérifiées.

Soient M un point qui décrit un système O correspondant à Δ; T_1, T_2, T_3 les tangentes de rang 1, 2, 3; G la normale au système M, c'est-à-dire la droite qui a pour cosinus directeurs x_1, x_2, x_3, x_4; je désignerai par D et E les premiers foyers des droites T_2 et T_3. Ces systèmes possèdent un grand nombre de propriétés; je me borne à signaler les suivantes :

1° *Les réseaux* $u_1 =$ const. *sont applicables sur un réseau plan.*

2° *Le premier foyer du plan* G, T_1 *décrit un système* O *qui possède les mêmes propriétés que le système* M.

3° *La droite* DE *décrit un système* 2I.

Toutes ces propriétés sont caractéristiques; les deux dernières propriétés se déduisent l'une de l'autre par l'application de la loi d'orthogonalité des éléments.

Puisque la droite DE décrit un système 2I on pourra former un nouveau déterminant O, Δ'

$$\Delta' = \begin{vmatrix} x'_1, & x'_2, & x'_3, & x'_4 \\ \xi'^1_1, & \xi'^2_1, & \xi'^3_1, & \xi'^4_1 \\ \xi'^1_2, & \xi'^2_2, & \xi'^3_2, & \xi'^4_2 \\ \xi'^1_3, & \xi'^2_3, & \xi'^3_3, & \xi'^4_3 \end{vmatrix},$$

([1]) Les notations sont celles de mon Mémoire de la *Collection Scientia*, p. 34.

où les x' sont les cosinus directeurs de DE. On trouve facilement les formules

$$(3)\qquad \left\{\begin{aligned} x'_k &= \sin(\theta-\chi)\,\xi_2^k - \cos(\theta-\chi)\,\xi_3^k\\ \xi_1'^k &= \cos(\theta-\chi)\,\xi_2^k + \sin(\theta-\chi)\,\xi_3^k\\ \xi_2'^k &= -\sin(\theta+\chi)\,x_k - \cos(\theta+\chi)\,\xi_1^k\\ \xi_3'^k &= \cos(\theta+\chi)\,x_k - \sin(\theta+\chi)\,\xi_1^k \end{aligned}\right. \qquad (k=1, 2, 3, 4).$$

Les rotations du déterminant Δ' sont :

$$(3)\qquad \left\{\begin{array}{lll} a' = \dfrac{\partial(\theta-\chi)}{\partial u_1}, & b' = \omega\sin(\theta-\chi), & c' = \omega\cos(\theta-\chi), \\ \beta'_{12} = \omega\cos(\theta-\chi), & \beta'_{21} = \dfrac{1}{\omega}\cos(\theta+\chi), & \beta'_{23} = -\dfrac{\partial(\theta-\chi)}{\partial u_2}, \\ \beta'_{13} = -\omega\sin(\theta-\chi), & \beta'_{31} = \dfrac{1}{\omega}\sin(\theta+\chi), & \beta'_{32} = \dfrac{\partial(\theta-\chi)}{\partial u_3}. \end{array}\right.$$

On voit que les rotations de Δ' se déduisent de celles de Δ en changeant le signe de la fonction χ.

Si l'on prend $\chi = 0$, les déterminants Δ et Δ' ont les mêmes rotations; il en résulte, en particulier, que les x' se déduisent des x par une substitution orthogonale à coefficients constants.

On peut, maintenant, déduire de ces systèmes des systèmes triples orthogonaux dans l'espace ordinaire. Pour cela, je prends une combinaison linéaire isotrope de x_1, x_2, x_3, x_4, par exemple la combinaison $x_3 + ix_4$. Le point $N(X_1, X_2, X_3)$ tel que

$$(5)\qquad X_1 = \frac{x_1}{x_3+ix_4}, \qquad X_2 = \frac{x_1}{x_3+ix_4}, \qquad X_3 = \frac{i}{x_3+ix_4}$$

décrit un système triple orthogonal. Il en est de même du point $N'(X'_1, X'_2, X'_3)$ où

$$(6)\qquad X'_1 = \frac{x'_1}{x'_3+ix'_4}, \qquad X'_2 = \frac{x'_2}{x'_3+ix'_4}, \qquad X'_3 = \frac{i}{x'_3+ix'_4}.$$

Ces systèmes N (ou N$'$) et tous ceux qui s'en déduisent par une transformation de Combescure possèdent la propriété caractéristique suivante. On peut trouver dans un espace d'ordre cinq un point $P(Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5)$ qui décrit un système O tel que, si l'on pose

$$\Sigma\, dX^2 = h_1^2\, du_1^2 + h_2^2\, du_2^2 + h_3^2\, du_3^2,$$

on ait

$$(7)\qquad \left\{\begin{aligned} &\Sigma\, dY^2 = h_1^2\, du_1^2 + h_2^2\mu^2\, du_2^2 + h_3^2\mu^2\, du_3^2,\\ &Y_5 = X_3, \end{aligned}\right.$$

μ étant une constante.

D'autre part, si l'on donne à u_1 une valeur constante quelconque, la première tangente de N décrit une congruence de normales; ces congruences de normales sont parallèles à celles que l'on rencontre dans la théorie de la déformation du paraboloïde de révolution. Elles possèdent cette propriété que leur projection sur le plan des deux premiers axes de coordonnées est une congruence C.

La première tangente du système N et l'intersection du plan G_1, T_1 par l'hyperplan isotrope $x_3 + ix_4 = 0$ se projettent sur le plan des deux premiers axes de coordonnées suivant des droites parallèles. Il en est de même de N' et l'intersection du plan T_2, T_3 avec l'hyperplan $x_3 + ix_4 = 0$.

Les plans G, T_1 et T_2, T_3 se correspondent par la loi d'orthogonalité; il en sera donc de même des projections des premières tangentes à N et N'.

Cela posé, je fais tourner N' d'un angle droit au tour du troisième axe de coordonnées, ce qui amène N' en N''. Les projections des premières tangentes Nt_1, $N''t''_1$ des systèmes N et N'' satisfont aux conditions que j'ai indiquées, dans mes Notes sur la Géométrie infinitésimale du complexe linéaire pour qu'il existe des systèmes N_1 et N''_1 parallèles respectivement à N et N' tels que leurs premières tangentes soient polaires réciproques par rapport à un complexe linéaire ayant pour axe le troisième axe de coordonnées.

On obtient, par cette méthode, tous les couples de systèmes triples orthogonaux satisfaisant au problème posé.

ÉLECTIONS.

Par 41 suffrages, contre 2 à Sir *William Pope*, Sir **Robert Hadfield** est élu Correspondant pour la Section de Chimie en remplacement de M. *Paterno*, élu Associé étranger.

Par 37 suffrages, contre 7 à M. *Guilliermond* et 1 bulletin blanc, M. **René Maire** est élu Correspondant pour la Section de Botanique en remplacement de M. *Battandier*, décédé.

NOMINATIONS.

MM. **Painlevé** et **d'Ocagne** représenteront l'Académie, avec M. **Émile Picard**, déjà désigné, aux fêtes du *Tricentenaire de la naissance de Pascal*, à Clermont-Ferrand, le 8 juillet prochain.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Voyage zoologique d'*Henri Gadeau de Kerville *en Syrie* (avril-juin 1908). Tome IV : *Poissons,* par J. Pellegrin. *Batraciens et Reptiles*, par G.-A. Boulenger. *Mammifères*, par E.-L. Trouessart et Max Kollmann.

2° *Explorations in the Eastern Kara-Koram and the upper Yarkand valley. Narrative report of the Survey of India detachment with the* De Filippi *scientific expedition* 1914.

3° *Le cerveau et la pensée*, par Henri Piéron. (Présenté par M. Henneguy.)

4° *Études de Lépidoptérologie comparée*, par Charles Oberthur, fascicule XX. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

5° *Les Isotopes*, par A. Damiens. Préface de M. Jean Perrin. (Présenté par M. Urbain.)

6° *Mission d'Ollone* (1906-1909). *Langues des peuples non chinois de la Chine*, par MM. d'Ollone, de Fleurelle, Lepage, de Boyve. (Présenté par M. R. Bourgeois.)

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur des classes remarquables de congruences* W. Note de M. **Jules Drach**.

Au cours de recherches sur les systèmes d'équations linéaires aux dérivées partielles du second ordre, j'ai rencontré quelques propositions immédiatement applicables à des questions de géométrie. Une thèse récente [1] me donne l'occasion de les indiquer.

I. Une congruence R (de Ribaucour) s'obtient en menant par les points M_1 d'une surface (S_1) qui correspond à une surface (S) par orthogonalité des éléments, des parallèles à la normale de (S) au point M correspondant. Si l'on définit (S) par les formules de Lelieuvre avec trois solutions θ_1, θ_2, θ_3 d'une équation (1) $\frac{\partial^2\theta}{\partial u\,\partial v} = M\theta$, on a les coordonnées

(1) Vaulot, *Congruences rectilignes qui sont en même temps* W *et de Ribaucour*, 24 mai 1923.

(x_1, y_1, z_1) de M_1 au moyen d'une quatrième solution λ de la même équation. En écrivant que les lignes asymptotiques se correspondent sur les deux nappes de la surface focale de la congruence — c'est-à-dire que la congruence est aussi W (de Weingarten), M. Vaulot obtient comme condition nouvelle que θ_1, θ_2, θ_3 satisfassent à une même équation :

$$(2) \qquad \frac{\partial^2 \theta}{\partial u^2} = \omega \frac{\partial'' \theta}{\partial v^2} + \sigma \theta,$$

ou encore que λ se réduise au déterminant Δ :

$$\Delta = \left| \theta_1 \quad \frac{\partial \theta_1}{\partial u} \quad \frac{\partial \theta_1}{\partial v} \right|,$$

avec un choix particulier des variables u et v, ce qui le conduit à *deux équations du second ordre à deux inconnues*, dont il indique des solutions particulières.

J'ai observé qu'*on pouvait résoudre complètement la question lorsque* (1) *et* (2) *ont quatre solutions communes.*

L'équation (2) s'écrit dans ce cas

$$U \frac{\partial^2 \xi}{\partial u^2} + V \frac{\partial^2 \xi}{\partial v^2} = N \xi$$

et l'on doit avoir

$$(E) \qquad \frac{\partial^2 MV}{\partial v^2} = \frac{\partial}{\partial u}\left(U \frac{\partial M}{\partial u}\right), \qquad \frac{\partial^2 MU}{\partial u^2} = \frac{\partial}{\partial v}\left(V \frac{\partial M}{\partial v}\right).$$

L'inconnue N est obtenue par une quadrature.

a. Pour $U = V = 1$, le système (E) se réduit à une seule équation. L'équation (1) est alors l'équation *harmonique* générale

$$M = f(u + v) - g(u - v)$$

et les solutions communes à (1) et (2) sont les quatre solutions *harmoniques* pour lesquelles on peut prendre, Φ désignant une fonction de $(u + v)$ et Ψ une fonction de $(u - v)$:

$$\xi_1 = \frac{1}{\sqrt{\Phi' \Psi'}}, \qquad \xi_2 = \frac{\Phi}{\sqrt{\Phi' \Psi'}}, \qquad \xi_3 = \frac{\Psi}{\sqrt{\Phi' \Psi'}}, \qquad \xi_4 = \frac{\Phi \Psi}{\sqrt{\Phi' \Psi'}},$$

en choisissant convenablement f et g. Elles sont liées par la relation quadratique

$$\xi_1 \xi_4 = \xi_2 \xi_3.$$

En adoptant pour θ_1, θ_2, θ_3 trois combinaisons linéaires des ξ, on aura pour λ une quatrième combinaison linéaire de ces quatre solutions.

La surface (A) de Darboux, lieu du point de coordonnées $\frac{\theta_1}{\lambda}$, $\frac{\theta_2}{\lambda}$, $\frac{\theta_3}{\lambda}$ est alors du *second degré* et la surface (S_1) est de *translation*. Les congruences WR obtenues sont en relation simple avec les congruences W, rattachées par MM. Guichard et Bianchi à la déformation des quadriques.

b. Lorsque U et V ne sont pas constants, on peut déduire de (E) une identité :

$$-f'(u_1-v_1)\,du_1\,dv_1=[\Phi(u_2+v_2)-\Psi(u_2-v_2)]\,du_2\,dv_2$$

où l'on a posé :

$$du_2=\frac{du}{\sqrt{U}},\qquad du_1=\frac{du}{U'},\qquad M=-f'(u_1-v_1)\frac{du_1}{du}\frac{dv_1}{dv}.$$

La détermination de U, V, M est ainsi ramenée au problème classique, traité complètement par M. Kœnigs, *des éléments linéaires réductibles de plusieurs manières à la forme de Liouville*.

Les tableaux de l'éminent géomètre [1] donnent tous les *types* de systèmes (1), (2) possédant quatre solutions; ces solutions, définies par deux équations linéaires du second ordre, ne sont plus harmoniques. On a ainsi, dans les surfaces (A), des surfaces rattachées directement aux ds^2 plusieurs fois harmoniques.

II. D'autres congruences W remarquables sont celles *dont la surface moyenne est un plan*. M. Vaulot les définit par une équation aux dérivées partielles du troisième ordre. Mais déjà M. U. Sbrana [2] avait donné pour la surface *génératrice* (S) de la congruence une équation cartésienne du troisième ordre. J'ai d'abord observé que cette dernière peut s'intégrer une fois sous la forme

$$(\delta)\qquad \frac{r}{s}=F\left(\frac{s}{t}\right),\qquad F \text{ arbitraire.}$$

La surface (S) rapportée à ses lignes asymptotiques dépend de trois fonctions θ_1, θ_2, θ_3 qu'on peut obtenir comme suit :

$$\alpha=\log\theta_3,\qquad \mu=\frac{\theta_1}{\theta_3},\qquad \lambda=\frac{\theta_2}{\theta_3},$$

où α, λ, μ se déduisent *par des quadratures* d'une solution σ de l'équation du

(1) DARBOUX, *Théorie des Surfaces*, t. 4, Note II.
(2) *Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo*, t. 23, 1907.

second ordre

$$(\Delta)\qquad \frac{\partial}{\partial u}\left(\frac{1}{\Psi^2}\frac{\partial\sigma}{\partial u}\right)+\frac{\partial}{\partial v}\left(\Psi\Psi''\frac{\partial\sigma}{\partial v}\right)=0$$

dans laquelle Ψ est une fonction arbitraire de σ.

Cette équation (Δ) est celle qui exprime que *l'élément linéaire*

$$A^2\,du^2+C^2\,dv^2,$$

où

$$A=\Psi-\sigma\Psi',\qquad C=i\frac{\sigma}{\Psi}$$

convient au plan.

Toutes les formes de l'élément linéaire du plan où A et C sont fonction l'un de l'autre donnent ainsi des solutions du problème. On a des solutions *complètes* des équations (Δ) et (δ) pour les formes qui correspondent à $A=1$, courbes parallèles; $A=C$, systèmes isothermes; $A^2+C^2=1$, habillage des développables; $\frac{1}{A^2}+\frac{1}{C^2}=1$, coniques géodésiques; $AC=1$, carte géographique, l'équation (Δ) se ramène à une équation simple à invariants égaux; etc.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les courbes de Bertrand et en particulier sur celles qui sont algébriques.* Note de M. **Bertrand Gambier**, présentée par M. Goursat.

1. J'ai indiqué en 1914 quelques propriétés générales des courbes de Bertrand ([1]). Les courbes de Bertrand, algébriques ou transcendantes, sont nécessaires pour construire les surfaces réglées applicables sur l'hyperboloïde de révolution, les surfaces minima coupant une sphère sous un angle constant. Ces diverses surfaces sont réelles si la courbe de Bertrand est réelle, algébriques si la courbe est algébrique. La nouvelle courbe de Bertrand associée à la première, c'est-à-dire admettant les mêmes normales principales, fournit aussitôt une surface, réglée au minima, associée à la première surface.

De plus les courbes de Bertrand jouent un grand rôle dans la théorie des transformations des surfaces applicables sur les quadriques générales, comme l'a montré M. Bianchi ([2]), et ces transformations permettent de

---

([1]) *Sur les courbes à courbure constante et les courbes de Bertrand* (*Comptes rendus*, t. 158, 26 janvier 1914).

([2]) *Mémoires présentés par divers savants à l'Académie des Sciences de Paris*, 2e série, t. 34, 1909.

découvrir les transformations propres aux courbes de Bertrand, que j'ai indiquées dans ma Note du 3 janvier 1923, sans avoir connaissance des travaux antérieurs aux miens sur ce sujet; M. Bianchi a bien voulu me signaler une Note de M. Razzaboni ([1]) donnant la transformation générale, sans indiquer la composition ni la permutabilité, puis un nouveau Mémoire de M. Bianchi ([2]) indiquant la composition et la permutabilité de ces transformations. Il me paraît intéressant de déterminer parmi les courbes de Bertrand celles qui sont *algébriques et réelles*. Or, sauf des courbes à courbure constante et des courbes à torsion constante, on ne connaît encore aucune courbe de Bertrand proprement dite à la fois algébrique et réelle, et cette recherche semble extrêmement pénible.

2. M. Goursat a signalé l'importance, même dans le domaine purement réel, des éléments géométriques imaginaires, mais coïncidant avec leur élément conjugué; ces éléments géométriques sont susceptibles d'être représentés par des équations à coefficients réels. Or il est facile de fournir un exemple très simple de courbe de Bertrand qui est imaginaire, mais qui coïncide avec sa courbe conjuguée et fournit une surface minima réelle coupant la sphère sous un angle constant le long d'une courbe imaginaire, mais coïncidant elle aussi avec sa conjuguée; l'angle constant est imaginaire pure. La courbe de Bertrand en question est algébrique, de sorte que la surface minima est algébrique; la courbe de Bertrand associée donne lieu aux mêmes propriétés. Je rappelle que, ω et ρ étant constants, les formules

$$(\mathrm{B})\quad \begin{cases} X=\rho\displaystyle\int(a\ \sin\omega-c\ \cos\omega)\,d\sigma, \qquad Y=\rho\displaystyle\int(a'\sin\omega-c'\cos\omega)\,d\sigma,\\ \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad Z=\rho\displaystyle\int(a''\sin\omega-c''\cos\omega)\,d\sigma \end{cases}$$

donnent la courbe de Bertrand générale, pourvu que (a, a', a'') soit le point courant d'une courbe tracée sur la sphère $x^2+y^2+z^2=1$, dont σ est l'arc, et (c, c', c'') le point associé sur la courbe sphérique complémentaire. Les formules

$$(\mathrm{B}')\qquad X_1=X+b\rho\sin\omega,\qquad Y_1=Y+b'\rho\sin\omega,\qquad Z_1=Z+b''\rho\sin\omega,$$

où (b, b', b'') sont les cosinus directeurs de la tangente à la courbe (a, a', a''),

---

([1]) *Atti del Reale Istituto Veneto*, t. 40, 1900.

([2]) *Memorie della Societa Italiana delle Scienze* (detta dei LX), 3e série, t. 18, 1913.

donnent la courbe de Bertrand associée. Puis les deux courbes minima

$$(\Gamma) \qquad X + ai\rho, \quad Y + a'i\rho, \quad Z + a''i\rho,$$
$$(\Gamma') \qquad X - ai\rho, \quad Y - a''i\rho, \quad Z - a''i\rho$$

servent à définir une surface minima (M), lieu des milieux des cordes s'appuyant sur Γ et Γ', admettant (B) pour asymptotique particulière; les deux courbes minima

$$(-i\Gamma) \qquad a\rho - iX, \quad a'\rho - iY, \quad a''\rho - iZ,$$
$$(i\Gamma') \qquad a\rho + iX, \quad a'\rho + iY, \quad a''\rho + iZ$$

définissent la surface minima (M_1) adjointe à (M), coupant sous l'angle ω, la sphère $x^2 + y^2 + z^2 = \rho^2$ le long de la courbe $(a\rho, a'\rho, a''\rho)$. La courbe (B_1) fournit les courbes minima

$$(\Gamma_1) \qquad X + b\sin\omega + i(a\cos\omega + c\sin\omega), \quad \ldots,$$
$$(\Gamma'_1) \qquad X + b\sin\omega - i(a\cos\omega + c\sin\omega), \quad \ldots$$

qui jouent respectivement le même rôle que Γ et Γ'. Si (B) est réelle au sens habituel du terme, on voit que Γ et Γ' sont imaginaires conjuguées et la surface minima (M) ou (M') est réelle.

Ceci posé, exprimons les coordonnées (a, a', a'') d'un point de la sphère $a^2 + a'^2 + a''^2 = 1$ par les formules paramétriques

$$a = \frac{\alpha + \beta}{1 + \alpha\beta}, \qquad a' = i\frac{\beta - \alpha}{1 + \alpha\beta}, \qquad a'' = \frac{\alpha\beta - 1}{1 + \alpha\beta},$$

puis C étant une constante arbitraire réelle, p et m étant deux entiers premiers entre eux, tels que p soit distinct de $\pm m$, les formules

$$\alpha = q^p \frac{(p - m)q^m - C(p + m)}{C(p - m) - (p + m)q^m}, \qquad \beta = \frac{1}{q^p}\frac{p - m + C(p + m)q^m}{p + m + C(p - m)q^m}$$

donnent pour (a, a', a''), (b, b', b''), (c, c', c'') des expressions rationnelles en q faciles à calculer en tenant compte de

$$d\sigma = \frac{2\sqrt{d\alpha\, d\beta}}{1 + \alpha\beta} = \frac{-(p^2 - m^2)}{2m(1 + C^2)}\frac{(q^m - C)(1 + Cq^m)}{q^{m+1}}dq.$$

Toutes les intégrales $\int a\, d\sigma$, $\int a'\, d\sigma$, $\int c\, d\sigma$, $\int c'\, d\sigma$ sont algébriques.

Les deux intégrales $\int a''\, d\sigma$, $\int c''\, d\sigma$ fournissent un terme en $\log q$ qui disparaît de la combinaison $\sin\omega \int a''\, d\sigma - \cos\omega \int c''\, d\sigma$ si l'on calcule ω par la

relation

$$\frac{\sin\omega}{-i[(2-\gamma^2)p^2+(6+\gamma^2)m^2]}=\frac{\cos\omega}{(\gamma^2-2)p^2+(\gamma^2+2)m^2}$$
$$=\frac{1}{2m\sqrt{\gamma^2+4}\sqrt{(\gamma^2-2)p^2-2m^2}}$$
$$C-\frac{1}{C}=\gamma.$$

Si l'on suppose

$$\gamma>\frac{\sqrt{2}}{p}\sqrt{p^2+m^2} \quad \text{ou} \quad C>\frac{1}{p\sqrt{2}}\left[\sqrt{3p^2+m^2}+\sqrt{p^2+m^2}\right],$$

$\cos\omega$ est réel, $\sin\omega$ est imaginaire pure. En prenant ρ réel, on voit aussitôt que le changement de q en $\frac{-1}{q_0}$, où q_0 désigne l'imaginaire conjuguée de q, produit les échanges suivants, où la lettre avec indice représente la conjuguée de la même lettre sans indice :

X	Y	Z	a	a'_0	a''	b	b'	b''	c	c'	c''
X_0	Y_0	Z_0	a_0	a'_0	a''_0	$-b_0$	$-b'_0$	$-b''_0$	$-c_0$	$-c'_0$	$-c''_0$

Il en résulte aussitôt que sur les couples de courbes minima Γ et Γ', ou Γ_1 et Γ'_1, ou bien encore $-i\Gamma$ et $i\Gamma'$, ou encore $-i\Gamma_1$ et $i\Gamma'_1$, les points de paramètre respectif q sur l'une et $\frac{-1}{q_0}$ sur l'autre sont conjugués, de sorte que les quatre surfaces minima (M), (M'), (M_1) et (M'_1) sont réelles au sens ordinaire et algébriques.

GÉOMÉTRIE SUPÉRIEURE. — *Un théorème sur la transformation conforme dans la géométrie différentielle à n dimensions*. Note de MM. **Schouten** et **Struik**, présentée par M. Hadamard.

Dans la présente Note nous désignerons par V_k une variété à k dimensions dont l'élément linéaire est quadratique, par R_k une variété euclidienne à k dimensions. Nous désignerons aussi par R_k une région infiniment petite à k dimensions dans le voisinage d'un point régulier d'une V_k. Dans cette R_k nous pouvons représenter géométriquement les vecteurs et les affineurs sur une échelle infiniment petite.

Soit déterminé l'élément linéaire ds d'une V_n par le tenseur fondamental $g_{\lambda\mu}$ et l'élément linéaire ds' d'une V_m située dans V_n ($m \leq n-1$) par le tenseur fondamental $g'_{\lambda\mu}$. Alors la première courbure des lignes

tracées sur V_m en un point régulier P de V_m est déterminée par l'affineur de degré trois ([1]) $H_{\lambda\mu}^{\cdot\cdot\nu}$:

$$H_{\lambda\mu}^{\cdot\cdot\nu} = g_{\lambda}^{\prime\alpha} g_{\mu}^{\prime\beta} \nabla_\alpha g_{\beta}^{\prime\nu}; \qquad \alpha, \beta, \lambda, \mu, \nu = a_1, \ldots, a_n \text{ ([2])}, \tag{1}$$

où $\nabla_\alpha g_{\beta}^{\prime\nu}$ est l'affineur dérivé covariant de l'affineur $g_{\beta}^{\prime\nu} = g^{\nu\rho} g'_{\rho\beta}$ par rapport au tenseur fondamental $g_{\lambda\mu}$ ([3]). $H_{\mu\nu}^{\cdot\cdot\nu}$ est nommé *l'affineur de courbure de* V_m *par rapport à* V_n.

Introduisant $n - m$ *vecteurs* i_e^{ν}, $e = m + 1, \ldots, n$, dont la longueur est l'unité, orthogonaux l'un à l'autre et à V_m, nous pouvons écrire au lieu de (1) :

$$H_{\lambda\mu}^{\cdot\cdot\nu} = g_{\lambda}^{\prime\alpha} g'_{\mu\beta} \sum_e (\nabla_\alpha i_e^{\beta}) i_e^{\nu}. \tag{2}$$

Le vecteur de courbure absolue d'une ligne géodésique de V_m tracée par P, c'est-à-dire de courbure par rapport à V_m, est orthogonal à V_m et déterminé par l'équation

$$u^{\nu} = i^{\lambda} i^{\mu} H_{\lambda\mu}^{\cdot\cdot\nu}, \tag{3}$$

où i^{ν} est le vecteur tangent à la ligne géodésique en P, dont la longueur est l'unité.

Quand i^{ν} parcourt toutes les directions de la V_m en P, le vecteur u^{ν} décrit un cône à m dimension orthogonal en P à la V_m. Ce cône est situé dans le cas le plus général dans une région $R_{\frac{m(m-1)}{2}}$ normale à V_m. Cette région forme avec la R_m de V_m en P une $R_{\frac{m(m+1)}{2}}$, *la région de courbure de* V_m *en* P *par rapport à* V_n. Les extrémités des vecteurs u^{ν} décrivent l'*indicatrice de courbure de* V_m *en* P ([4]).

Supposons maintenant que V_n subisse la transformation conforme

$$'g_{\lambda\mu} = \sigma g_{\lambda\mu}; \qquad 'g^{\lambda\mu} = \sigma^{-1} g^{\lambda\mu}; \qquad 'g_{\lambda}^{\nu} = g_{\lambda}^{\nu}, \tag{4}$$

où σ est une fonction arbitraire des coordonnées.

([1]) Dans la terminologie de M. Ricci : Le système mixte d'ordre trois.

([2]) Le signe Σ est supprimé quand il se rapporte aux indices *grecs*.

([3]) Dans la notation de M. Ricci : $\nabla_\alpha g_{\beta}^{\prime\nu} = g_{\beta\alpha}^{\prime\nu}$.

([4]) Voir J.-A. Schouten und D.-J. Struik, *Ueber Krümmungseigenschaften*, etc. (*Rend. Circ. Mat. Palermo*, 46, 1922, p. 165-184), et D.-J. Struik, *Grundzüge der mehrdimensionalen Differentialgeometrie* (Berlin, Julius Springer, 1922, 198 p., spéc. Chap. III).

Les affineurs $H_{\mu\nu k} i_e^k$ sont identiques aux systèmes $C_{e\mu\nu}$ de M. Ricci, *Sulle superficie geodetiche*, etc. (*Rend. Accad. Lincei*, 5e série, 12, 1er semestre 1903, p. 409-420).

Un vecteur contrevariant i^ν, dont la longueur reste l'unité, mais qui du reste est arbitraire, subit alors la transformation

$$(5)\qquad {}'i^\nu = i^\nu \sigma^{-\frac{1}{2}},$$

et son dérivé $\nabla_\mu i^\nu$

$$(6)\qquad \begin{aligned} {}'\nabla_\mu {}'i^\nu &= \nabla_\mu {}'i^\nu - \frac{1}{2}{}'i^\alpha g_{\alpha\mu} s_\beta g^{\beta\nu} + \frac{1}{2}{}'i^\nu s_\mu + \frac{1}{2} s_\alpha {}'i^\alpha g^\nu_\mu \\ &= \sigma^{-\frac{1}{2}}\left(\nabla_\mu i^\nu - \frac{1}{2} i^\alpha g_{\alpha\mu} s_\beta g^{\beta\nu} + \frac{1}{2} s_\alpha i^\alpha g^\nu_\mu\right), \end{aligned}$$

où ${}'\nabla_\mu {}'i^\nu$ est l'affineur dérivé covariant de ${}'i^\nu$ par rapport au tenseur fondamental nouveau ${}'g_{\lambda\mu}$, et

$$(7)\qquad s_\lambda = \sigma^{-1}\nabla_\lambda \sigma = \nabla_\lambda \log\sigma = \frac{\partial}{\partial x^\lambda}\log\sigma \quad (^1).$$

Pour la relation entre le nouvel affineur de courbure ${}'H^{\cdot\cdot\nu}_{\lambda\mu}$ et $H^{\cdot\cdot\nu}_{\lambda\mu}$ nous trouvons alors, au moyen des équations (2), (4), (5) et (6),

$$\begin{aligned} {}'H^{\cdot\cdot\nu}_{\lambda\mu} &= \sigma' g^\alpha_\lambda {}'g_{\mu\beta} \sum_e ({}'\nabla_\alpha {}'i^\beta_e)\,{}'i^\nu_e \\ &= {}'g^\alpha_\lambda {}'g_{\mu\beta} \sum_e \left(\nabla_\alpha i^\beta_e - \frac{1}{2} i^\gamma_e g_{\gamma\alpha} s_\delta g^{\delta\beta} + \frac{1}{2} s_\gamma i^\gamma_e g^\beta_\alpha\right) i^\nu_e \\ &= H^{\cdot\cdot\nu}_{\lambda\mu} + \frac{1}{2}\sum_e s_\gamma i^\nu_e {}'g_{\lambda\mu} i^\gamma_e \\ &= H^{\cdot\cdot\nu}_{\lambda\mu} + \frac{1}{2}{}'g_{\lambda\mu} s''_\alpha g^{\alpha\nu}, \end{aligned}$$

où $s''_\alpha g^{\alpha\nu}$ est la projection de $s_\alpha g^{\alpha\nu}$ sur la R_{n-m} orthogonale à la V_m en P.

On conclut de l'équation précédente et de (3) que le vecteur u^ν se transforme de la manière suivante :

$$(9)\qquad {}'u^\nu = {}'i^\mu {}'i^\lambda H^{\cdot\cdot\nu}_{\lambda\mu} = \sigma^{-1} i^\mu i^\lambda H^{\cdot\cdot\nu}_{\lambda\mu} + \frac{1}{2} s''_\alpha g^{\alpha\nu} = \sigma^{-1} u^\nu + \frac{1}{2} s''_\alpha g^{\alpha\nu}.$$

Les vecteurs u^ν sont donc multipliés par σ^{-1} et leurs extrémités subissent de plus une translation égale à $\frac{1}{2} s''_\alpha g^{\alpha\nu}$:

Quand une V_n *subit une transformation conforme* (4), *l'indicatrice de courbure d'une* V_m *en un point régulier* P *subit une transformation homothétique de centre* P *et de rapport d'homothétie* σ^{-1}, *et de plus une translation égale à la*

---

(1) J.-A. Schouten, *Ueber die konforme Abbildung*, etc. (*Mathematische Zeitschrift*, t. 11, 1921, p. 58-88).

moitié de la projection du vecteur gradient de la fonction $\log \sigma$, *pris contre-variant, sur la* R_{n-m} *orthogonale à la* V_m.

Dans le cas où la région de courbure est à $(m+k)$ dimensions $\left[k < \frac{m(m-1)}{2}\right]$, la région de courbure transformée peut avoir $m+k-1$, $m+k$, ou $m+k+1$ dimensions. Un point axial $(k=1)$ se transforme ainsi en un point géodésique $(k=0)$, un point axial, ou un point planaire $(k=2)$. Mais ce n'est pas un point planaire général, puisque les extrémités des vecteurs u^ν se rangent sur une ligne (¹).

Nous indiquerons encore quelques autres applications du théorème énoncé :

1° Il est possible de transformer par une transformation conforme de V_n convenablement choisie chaque fois :

a. Une V_m géodésique ($k=0$ en tous les points) en une V_m dont les points sont des points ombilicaux;

b. Une V_m arbitraire en une V_m minimale;

c. Une congruence de courbes arbitraires d'une V_m en une congruence de courbes asymptotiques.

2° Une transformation conforme de V_n laisse invariant le rapport des longueurs des deux différences des vecteurs de courbure de lignes géodésiques arbitrairement choisies en un même point d'une V_m.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration des équations différentielles.* Note (²) de M. **Lainé**, présentée par M. Goursat.

Sophus Lie a rattaché à la théorie des transformations de contact la méthode d'intégration, dite par dérivation, des équations différentielles du premier ordre non résolues par rapport à y'. Mais comme les équations des deux premiers ordres jouissent seules de la propriété de n'avoir pas d'invariants relativement au groupe des transformations de contact, il est nécessaire, pour étendre les vues de Lie aux équations d'ordre quelconque, de généraliser d'abord la théorie des transformations de contact planes.

J'appelle élément d'ordre n du plan xy tout ensemble de valeurs des variables x, y, p_1, ..., p_n, et multiplicité d'ordre n tout ensemble continu

(¹) C'est le cas du point planaire dégénéré de la figure 4 (page 119 du livre cité de M. Struik).

(²) Séance du 28 mai 1923.

de ∞^1 éléments satisfaisant aux conditions

$$dy - p_1\,dx = 0, \qquad dp_i - p_{i+1}\,dx = 0 \qquad (i = 1, \ldots, n-1).$$

Si F et Φ sont deux fonctions quelconques des variables $x, y, p_1, \ldots, p_n$, je poserai, en généralisant la notation des crochets de Jacobi :

$$[F, \Phi]_n = \frac{\partial F}{\partial p_n}\left(\frac{d\Phi}{dx}\right) - \frac{\partial \Phi}{\partial p_n}\left(\frac{dF}{\partial x}\right), \qquad \left(\frac{d}{dx}\right) = \frac{\partial}{\partial x} + p_1\frac{\partial}{\partial y} + \ldots + p_n\frac{\partial}{\partial p_{n-1}}.$$

Si le crochet $[F, \Phi]_n$ est identiquement nul, F et Φ sont dites en involution.

Associons à chaque élément d'ordre n du plan xy un élément du premier ordre X, Y, P_1 du plan XY. Je dirai que les équations de correspondance

$$X = X(xyp_i), \qquad Y = Y(xyp_i), \qquad P_1 = P_1(xyp_i)$$

définissent une transformation Σ^n si l'on a une identité de la forme

$$dY - P_1\,dX = \lambda_1(dy - p_1\,dx) + \ldots + \lambda_n(dp_{n-1} - p_n\,dx),$$

les coefficients λ_i désignant certaines fonctions des variables

$$x, \quad y, \quad p_i \qquad (\lambda_n \neq 0).$$

Les fonctions X, Y et P_1 sont alors distinctes, et l'on a, de plus, les relations

$$[X, Y]_n = 0, \qquad [P_1, X]_n = \lambda_n, \qquad [P_1, Y]_n = \lambda_n P_1.$$

Réciproquement, si X et Y sont deux fonctions distinctes en involution, il leur correspond une transformation Σ^n et une seule, sauf dans l'hypothèse où ces deux fonctions sont indépendantes de p_n et annulent le crochet $[X, Y]_{n-1}$. Les transformations Σ^1 sont les transformations de contact.

Si les fonctions X, Y, P_1 caractérisent une transformation Σ^n, les fonctions X, Y, $P_1, \ldots, P_m$, telles que X, P_i, P_{i+1} caractérisent une transformation Σ^{n+i}, seront considérées comme caractérisant une transformation Σ^n prolongée $m-1$ fois, ou transformation $\Sigma^{n+(m-1)}$: le prolongement est toujours unique.

A tout élément du premier ordre du plan XY, une transformation Σ^n fait correspondre ∞^{n-1} éléments d'ordre n du plan xy, qui ne peuvent en général être groupés de façon à former ∞^{n-2} multiplicités : mais à toute multiplicité du premier ordre du plan XY correspondent ∞^n éléments d'ordre n qui peuvent être groupés de façon à former ∞^{n-1} multiplicités. On a un exemple

simple de transformation Σ^2 en associant à toute courbe du plan XY la famille de ses développantes.

Les considérations qui précèdent montrent que l'intégration de l'équation différentielle $F(xy, p_1 \ldots p_n) = 0$ est équivalente à celle de l'équation $[F, X]_n = 0$. J'appellerai intégrales singulières les multiplicités d'ordre n, s'il en existe, qui satisfont aux équations

$$F = 0, \qquad \frac{\partial F}{\partial p_n} = 0, \qquad \left(\frac{dF}{dx}\right) = 0.$$

Ceci posé, soit X_1 une solution de l'équation $[F, X]_n = 0$; sur toute intégrale non singulière on aura $X_1 = \text{const.}$; d'une façon générale, si l'on connaît m fonctions distinctes en involution avec F, on pourra abaisser de m unités l'ordre de l'équation $F = 0$.

La connaissance d'une transformation $\Sigma^{n-m+1+(m-1)}$ permet de ramener l'intégration de toute équation $F(XY, P_1 \ldots P_m) = 0$ à celle de deux équations successives, l'une d'ordre m, l'autre d'ordre $n - m$. Par exemple, en partant de la transformation $\Sigma^{2+(n-2)}$ définie par les fonctions $X = x^\lambda y$, $Y = x^{\lambda+1} p_1$, où λ est une constante quelconque, on obtient les équations

$$F(x^\lambda y, x^{\lambda+1} p_1, \ldots, x^{\lambda+n} p_n) = 0,$$

dont l'intégration se ramène, au moyen du changement de variables

$$X = x^\lambda y, \qquad Y = x^{\lambda+1} p_1,$$

à celle d'une équation d'ordre $n - 1$ suivie d'une quadrature ; ces équations comprennent en particulier les trois principaux cas classiques d'abaissement : pour $\lambda = -1$, on a les équations homogènes en x, y, dx, dy, d^2y, ..., d^ny ; pour $\lambda = 0$, les équations homogènes en x et dx ; pour $\lambda = -n$, les équations homogènes par rapport aux quantités x, dx (considérées comme de degré 1) et y, dy, d^2y, ... (considérées comme de degré n) (¹).

En cherchant à déterminer *a priori* la fonction F de telle sorte qu'il se présente des simplifications dans l'intégration de l'équation $[F, X]_n = 0$, on est conduit à des équations qui généralisent les types classiques d'équations du premier ordre. Indépendamment des équations analogues à celles de Clairaut, déjà signalées par M. Raffy (²), j'indiquerai, en particulier,

---

(¹) Cf. par exemple DE LA VALLÉE POUSSIN, *Cours d'Analyse* (4ᵉ édition), t. 2, p. 239.

(²) *Bulletin de la S. M. F.*, t. 25, p. 71.

les équations

$$u \equiv y - p_1 x + p_2 \frac{x^2}{2!} - \ldots + (-1)^n p_n \frac{x^n}{n!} + (-1)^{n+1} \lambda \frac{x^{n+1}}{(n+1)!}$$
$$= F\left(\frac{\partial u}{\partial x}, \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \ldots, \frac{\partial^n u}{dx^n}\right)$$

qui s'intègrent sans aucune quadrature; les équations

$$y - p_1 x + p_2 \frac{x^2}{2!} - \ldots + (-1)^{n-1} p_{n-1} \frac{x^{n-1}}{(n-1)!} + x^n f(p_n) + \varphi(p_n) = 0$$

qui s'intègrent par $n+1$ quadratures; enfin les équations

$$f(p_n) + x\varphi(p_n) - p_n N(x) + p_{n-1} N'(x) - \ldots + (-1)^{n-1} p_1 N^{(n-1)}(x) + y = 0$$

où $N(x)$ est un polynome de degré n dont le terme en x^n a pour coefficient $(-1)^{n+1} \frac{1}{n!}$, les n autres étant arbitraires : ces équations généralisent les équations de Lagrange, et leur intégration se ramène à celle d'une équation du premier ordre (équation de Riccati si $n=2$) suivie de $n-1$ quadratures.

On peut aussi étendre aux équations d'ordre n les considérations développées par Lie pour les intégrales singulières des équations du premier ordre. En particulier, pour que l'équation $F(xyp_1 \ldots p_n) = 0$ admette ∞^{n-1} intégrales singulières, il suffit que les trois équations

$$F = 0, \qquad \frac{\partial F}{\partial p_n} = 0, \qquad \left(\frac{dF}{dx}\right) = 0$$

se ramènent à deux équations distinctes, ce qui est toujours le cas pour les équations de Clairaut généralisées.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une propriété des fonctions entières.* Note de M. **Serge Bernstein**, présentée par M. Émile Borel.

1. Soit

$$f(x) = A_0 + A_1 x + \ldots + A_n x^n + \ldots$$

une fonction entière, jouissant de la même propriété que la limite supérieure

$$\text{(1)} \qquad \overline{\lim}\, n \sqrt[n]{|A_n|} = \rho.$$

Je dis que, *si l'on a pour toute valeur réelle* [1] *de* x

(2) $$|f(x)| \leqq M,$$

on aura aussi pour toute valeur réelle [1] *de* x

(3) $$|f'(x)| \leqq \frac{\rho}{e} M.$$

D'ailleurs, la limite donnée par (3) est effectivement atteinte par la fonction $M \sin \frac{\rho x}{e}$.

La démonstration repose sur les considérations suivantes. Disons, pour abréger, qu'une fonction satisfaisant à la condition (1) est de *degré* non supérieur à ρ. Cela étant, il est évident que le degré ne dépend pas du choix de l'origine. On est ainsi amené à démontrer que $\frac{e}{\rho} \sin \frac{\rho x}{e}$ est la fonction de degré non supérieur à ρ qui s'écarte le moins possible de O sur l'axe réel entre toutes celles qui satisfont à la condition $f'(0) = 1$. Or, pour le prouver, il suffit de reconnaître qu'il ne peut exister de fonction $\varphi(x)$ impaire de degré ρ qui soit bornée sur l'axe réel, telle que $\varphi'(0) = 0$, et qui, aux points où $\cos \frac{\rho x}{e} = 0$, prenne des valeurs de signes successivement opposés.

2. Il est facile de déduire du théorème énoncé la proposition suivante : *Soit*

$$f(x) = A_0 + A_1 \cos \alpha_1 x + B \sin \alpha_1 x + \ldots + A_n \cos \alpha_n x + B_n \sin \alpha_n x,$$

où $\alpha_n > \alpha_i$ (pour $n > i$), *et un au moins des nombres* A_n, B_n *est différent de* 0; *si pour toute valeur réelle* $|f(x)| \geqq L$, *on a également* $|f'(x)| \leqq \alpha_n L$.

En effet, cela résulte du fait que $f(x)$ est de degré $\alpha_n e$.

Cette proposition est une généralisation du théorème que j'ai donné autrefois [2] pour le cas où les nombres α_i sont des entiers.

Comme seconde conséquence de notre théorème, indiquons la suivante : *Si*

$$f(x) = \sum_0^\infty \frac{c_n}{n!} X^n, \qquad où \qquad \overline{\lim} \sqrt[n]{|c_n|} = R,$$

---

[1] Au lieu de l'axe réel, on pourrait prendre n'importe quelle droite déterminée.

[2] Dans mon Mémoire *Sur l'ordre de la meilleure approximation, etc.*, je n'avais considéré que le cas où les cos et sin n'interviennent pas simultanément, mais M. Landau, dès l'année 1913, a fait la remarque que le cas général (pour α_i entier) est une conséquence immédiate de celui où les sinus interviennent seulement.

la fonction $f(x)$ ne peut rester bornée sur aucune droite passant par l'origine, si $\frac{c_n}{R^n}$ n'est pas borné.

3. Il est évident, enfin, que l'étude de l'approximation des fonctions continues au moyen des fonctions de degrés finis sur l'axe réel conduit, grâce au théorème I, à des résultats analogues à ceux que j'ai donnés dans le Mémoire cité relativement à l'existence des dérivées successives pour les fonctions périodiques. Ainsi, soit $|f(x) - f_n(x)| < \varepsilon_n$ sur tout l'axe réel, où $f_n(x)$ est une fonction de degré ρ_n. *Si l'on peut former une suite de fonctions $f(x)$ de degrés ρ_n croissants, telle que $\sum_{n=1}^{\infty} \varepsilon_n \rho_{n+1}^p$ soit convergente, la fonction $f(x)$ admet des dérivées continues sur tout l'axe réel jusqu'à l'ordre p inclusivement.* En particulier, il en sera ainsi si l'on peut choisir les nombres ρ_n de sorte que $1 < a < \frac{\rho_{n+1}}{\rho_n} < b$, pour lesquels l'approximation correspondante $\varepsilon_n < \frac{1}{\rho_n^{p+\delta}}$, où $\delta > 0$.

D'autre part, *si $f(x)$ peut être indéfiniment approchée sur tout l'axe réel au moyen de fonctions $f_n(x)$ de degrés bornés, la fonction $f(x)$ est elle-même nécessairement entière et de degré fini.* (Au contraire, il résulte d'un théorème que j'ai donné dans le Mémoire cité que toute fonction continue quelconque qui à l'infini tend vers une limite déterminée peut être approchée indéfiniment par des fonctions entières de degrés bornés sur le *demi*-axe réel.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les espaces multiples et les tenseurs.* Note de M. **Henri Eyraud**, présentée par M. Émile Borel.

Considérons deux espaces indépendants à un nombre quelconque de dimensions. La multiplicité des points m constitués par des valeurs numériques attribuées à n variables x^i constituera le premier espace lorsqu'on aura attribué à chaque point m un tenseur symétrique arbitraire g_{ij}.

Un tenseur est un ensemble de composantes assujetties à suivre une loi déterminée de transformation lorsqu'on substitue aux coordonnées x^i de nouvelles coordonnées x'^i. On a par exemple

$$A_{ij}^p \frac{\partial x^i}{\partial x'^m} \frac{\partial x^j}{\partial x'^n} = A'^r_{mn} \frac{\partial x^p}{\partial x'^r}. \tag{1}$$

Un deuxième espace de points M sera déterminé par les N variables X^K ($K = 1, 2, \ldots, n$) et le tenseur G_{KL}.

On peut considérer des tenseurs avec une double série d'indices

$$A_{ijK}^{pLF}$$

attachés à un double point variable mM, et satisfaisant, pour tout changement des coordonnées x^i d'une part, X^K de l'autre, aux conditions de transformation

$$(2) \qquad A_{ijK}^{pLF}\frac{\partial x^i}{\partial x'^m}\frac{\partial x^j}{\partial x'^n}\frac{\partial X^K}{\partial X'^P}=A'^{rRQ}_{mnP}\frac{\partial x^p}{\partial x'^r}\frac{\partial X^L}{\partial X'^R}\frac{\partial X^F}{\partial X^Q}.$$

Le déplacement parallèle. — La variation d'un tenseur dont le double point d'application se déplace ne pourra être évaluée que si l'on sait définir la variation des vecteurs covariants unités attachés au double point. Soit, pour un déplacement infinitésimal dx^i, dX^k,

$$(3) \qquad \begin{cases} de_i=\Gamma^j_{pi}e_j\,dx^p+F^j_{ik}e_j\,dX^k,\\ dE_K=\Gamma^H_{FK}E_H\,dX^F+f^H_{jK}E_H\,dx^j.\end{cases}$$

Nous connaissons la loi de transformation des coefficients Γ et Γ'; elle est

$$(4) \qquad \frac{\partial^2 x^r}{\partial x'^m\,\partial x'^n}+\Gamma^r_{ij}\frac{\partial x^i}{\partial x'^m}\frac{\partial x^j}{\partial x'^n}=\Gamma'^p_{mn}\frac{\partial x^r}{\partial x'^p}$$

et les analogues pour Γ. Cherchons les formules analogues pour f et F.

Soient ξ^i les coordonnées d'un vecteur du premier espace; cherchons sa variation dans un déplacement dX^k; soit D cette variation

$$D(\xi^i e_i)=e_i\frac{\partial\xi^i}{\partial X^k}dX^k+\xi^i\,de_i,$$

où de_i doit être remplacé, en vertu de (3), par $F^j_{i,k}e_j\,dX^k$

$$D(\xi^i e_i)=e_i\,dX^k\left(\frac{\partial\xi^i}{\partial X^k}+F^i_{j,k}\xi^j\right);$$

nous poserons

$$(5) \qquad D_k(\xi^i)=\frac{\partial\xi^i}{\partial X^k}+F^i_{j,k}\xi^j \qquad \text{(dérivée covariante).}$$

L'expression

$$(6) \qquad d\xi^i+F^i_{j,k}\xi^j\,dX^k$$

représente les composantes d'un vecteur.

Comme les dx^i sont les composantes d'un vecteur, nous aurons, en remplaçant ξ^i par dx^i, et remarquant que dx^i est invariable dans un déplace-

ment du deuxième espace, les composantes

$$F^i_{jk}\, dx^j\, dX^k$$

d'un vecteur du premier espace; par suite

$$F^i_{jk}\, dx^j\, dX^k = F'^r_{mL}\, dx'^m\, dX'^L \frac{\partial x^i}{\partial x'^r};$$

Les formules de transformation cherchées sont donc :

(7) $$\left\{ \begin{array}{l} F^i_{jk} \dfrac{\partial x^j}{\partial x'^m} \dfrac{\partial X^k}{\partial X'^l} = F'^r_{mL} \dfrac{\partial x^i}{\partial x'^r} \\ \text{et de même :} \\ f^H_{jk} \dfrac{\partial x^j}{\partial x'^m} \dfrac{\partial X^k}{\partial X'^L} = f'^F_{m,L} \dfrac{\partial X^H}{\partial X'^L}; \end{array} \right.$$

f et F sont donc de véritables tenseurs, de double espace, et non seulement des quasi-tenseurs.

Les courbures de double espace. — Si l'on déplace, parallèlement à lui-même, un vecteur ξ^i le long d'un contour fermé du premier espace, ses coordonnées ne reviennent pas à leur valeur primitive, la variation $\theta\xi^r$ de ξ^r est donnée par

$$\theta\xi^r = R^r_{ijs}\xi^s\, dx^i\, \delta x^j$$

lorsque le contour est celui du parallélogramme construit sur les vecteurs infinitésimaux $dx^i\, \delta x^j$. On a

$$R^r_{ijs} = \frac{\partial \Gamma^r_{is}}{\partial x^j} - \frac{\partial \Gamma^r_{js}}{\partial x^i} + \Gamma^p_{is}\Gamma^r_{pj} - \Gamma^p_{js}\Gamma^r_{pi}.$$

On peut chercher de même la variation des coordonnées d'un vecteur Ξ^F du deuxième espace lorsque son point d'application M reste fixe tandis que m décrit le parallélogramme $dx^i\, \delta x^j$

$$\theta\Xi^F = B^F_{ij,K}\Xi^K\, dx^i\, \delta x^j,$$

on trouve

$$B^F_{ij,K} = \frac{\partial f^F_{i,K}}{\partial x^j} - \frac{\partial f^F_{j,K}}{\partial x^i} + f^F_{i,K} f^F_{j,H} - f^H_{j,K} f^F_{i,H}.$$

En imaginant d'une manière analogue un processus fermé construit sur

---

(1) L'expression de vecteur covariant unité est défectueuse; les grandeurs e_i n'ont pas de propriété vectorielle. On pourrait appeler les e_i les « supports unités » covariants.

deux directions d et D appartenant à l'un et l'autre espace, on trouve

$$\theta\xi^r = A^r_{is,K}\xi^s\,dx^i\,dX^K,$$
$$A^r_{is,K} = \frac{\partial \Gamma^r_{is}}{\partial X^K} - \frac{\partial F^r_{s,K}}{\partial x^i} + \Gamma^q_{is}F^r_{q,K} - \Gamma^r_{qi}F^q_{s,K},$$

et, pour la variation d'un vecteur du deuxième espace Ξ^H,

$$\theta\Xi^H = E^H_{i,LK}\Xi^L\,dx^i\,dX^K,$$
$$E^H_{i,LK} = \frac{\partial f^H_{i,L}}{\partial X^K} - \frac{\partial \Gamma^H_{KL}}{\partial x^i} + f^F_{iL}\Gamma^H_{FK} - \Gamma^F_{KL}f^H_{iF}.$$

Cas particulier de l'espace-temps. — Si nous admettons que le premier espace est l'espace à trois dimensions, que le deuxième espace est unidimensionnel et représente le temps, nous aurons les deux tenseurs fondamentaux g_{ij} et G_{00} (l'indice de temps étant désigné par o). L'unique composante Γ^0_{00} est facile à calculer

$$\Gamma^0_{00} = G^{00}\Gamma_{000} = \frac{1}{G_{00}}\,\frac{1}{2}\,\frac{\partial G_{00}}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t}\log\sqrt{G_{00}}.$$

En dehors des composantes de la courbure d'espace nous avons les composantes des différentes courbures d'espace-temps

(8) $$A^r_{is,0} = \frac{\partial \Gamma^r_{is}}{\partial t} - \frac{\partial F^r_{s0}}{\partial x^i} + \Gamma^q_{i0}F^r_{q0} - \Gamma^r_{qi}F^q_{00},$$

(9) $$B_{ij} = \frac{\partial f_i}{\partial x^j} - \frac{\partial f_j}{\partial x^i},$$

(10) $$E_{i,0} = \frac{\partial f_i}{\partial t} - \frac{\partial \Gamma_0}{\partial x_i}$$

(on a posé, pour abréger, $\Gamma_0 = \Gamma^0_{00}$, $B_{ij} = B^0_{ij0}$, $E_{i,0} = E^0_{i,00}$).

MAGNÉTISME. — *Sur le paramagnétisme du sulfate de cobalt en solution aqueuse.* Note de M. **Chatillon.**

Les recherches faites sur le paramagnétisme des sels de cobalt en solution ont fourni des résultats divergents :

Cabrera, Moles et Marquina ([1]) ont trouvé, pour les trois sels de cobalt en solution (sulfate, nitrate et chlorure), un coefficient d'aimantation variable avec la concentration. La courbe représentative des moments ato-

---

([1]) *Anales Soc. Españ. d. Fis. y Quim*, B. 14, 1916, p. 357.

miques correspondants, indiquée plus loin, est à deux branches et conduit, pour les dilutions infinies, aux moments limites 24 et 25 magnétons pour l'atome de cobalt.

D'un autre côté, Trümpler (¹), pour une large échelle de concentrations, en opérant sur des solutions faites à froid, a trouvé, pour les mêmes sels, un coefficient d'aimantation indépendant de la concentration et donnant, pour l'atome de métal, un moment apparent moyen égal à 24,5 magnétons.

Ces deux résultats ont d'ailleurs été retrouvés : Trümpler (¹), d'une part, a retrouvé les faits publiés par Cabrera; Mlle Brant (²), d'autre part, a confirmé, pour le chlorure de cobalt, le premier résultat de Trümpler.

Jusqu'alors on ne dispose que de peu de renseignements sur l'origine de cette divergence; Trümpler indique cependant qu'elle pouvait tenir à la préparation des solutions : celles qui ont été utilisées pour la deuxième série de ses mesures ayant été faites à chaud.

J'ai retrouvé ces deux résultats en étudiant les mêmes solutions de sulfate de cobalt, mais en leur faisant subir une préparation différente.

Quatre solutions préparées à froid ont donné les nombres suivants, le coefficient d'aimantation ayant été mesuré à 15° :

Concentrations pour 100.	Nombre de magnétons.
9,77	24,53
2,648	24,48
1,496	24,52
0,9129	24,48

soit pratiquement le nombre 24,5 magnétons, indépendant de la concentration. De mesures faites sur les deux premières solutions, à 30°, il résulte, avec une précision un peu moindre, que ce moment est encore 24,5, indépendant de la température dans ces limites.

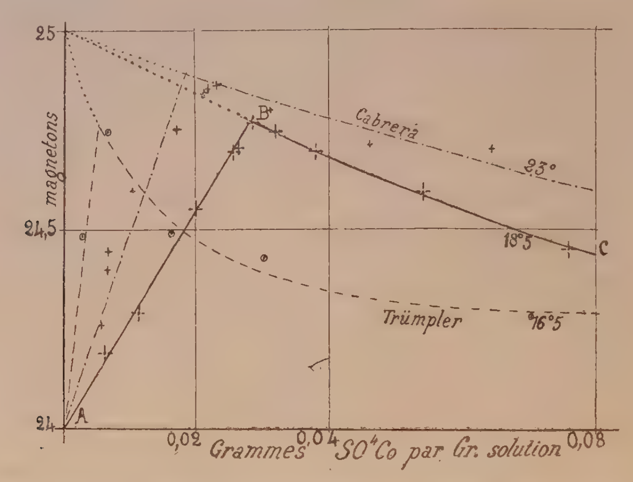
Une deuxième série d'observations a été faite sur des solutions préparées à l'ébullition et refroidies naturellement à la température de la salle. Les mesures faites aussitôt après le refroidissement, à la température ambiante (18° à 19°), ont permis de tracer la courbe représentée en plein sur le croquis ci-après :

Ce croquis comprend aussi les résultats analogues de Trümpler et Cabrera.

Dans la région étudiée, le nombre des points est suffisant pour une bonne

(¹) *Thèse*, Zurich, 1917.
(²) *The Physical Review*, 2e série, t. 17, 1921.

détermination de la courbe : l'extrapolation sur les deux branches AB et BC fournit, avec une bonne approximation, les nombres 24 et 25 magnétons déjà trouvés par les autres observateurs.



La courbe présente une étroite ressemblance avec celle de Cabrera et reste constamment en dessous; il y a un écart plus marqué avec celle de Trümpler.

En ce qui concerne les plus fortes concentrations (branche BC), la comparaison de mes résultats avec ceux de ces auteurs semble montrer que le moment atomique moyen apparent croît avec la température : la température de mes observations (18°,5) étant intermédiaire entre les températures de mesures de Trümpler (16°,5) et de Cabrera (23°).

Les branches AB observées par les différents auteurs ne se succèdent pas dans l'ordre des températures d'observation.

Il était intéressant de savoir si, avec le temps, le moment atomique se conserve dans les solutions préparées à chaud : trois solutions, dont l'une au voisinage du sommet de la courbe et les deux autres de part et d'autre, ont été étudiées plusieurs jours après leur préparation; les résultats sont les suivants :

Concentration pour 100.		Nombre de magnétons.
3,802	Observation du 31 janvier 1923	24,70
	» 12 février 1923	24,71
2,872	Observation du 1er février 1923	24,77
	» 22 février 1923	24,78
2,722	Observation du 22 février 1923	24,71
	» 2 mars 1923	24,71

Aucune variation n'a été mise en évidence.

En résumé, le même échantillon de sulfate de cobalt a donné :

Par préparation à froid, des solutions à moment atomique apparent constant indépendant de la concentration, et, dans certaines limites, de la température, égal à 24,5 magnétons;

Par préparation à l'ébullition, des solutions à moment atomique apparent variable avec la dilution et conduisant à admettre des porteurs à 24 et d'autres à 25 magnétons. Ces porteurs apparaissent par les valeurs limites aux faibles concentrations.

Les solutions à moment atomique non entier (24,5) pourraient donc être regardées comme un résultat d'association entre les deux porteurs à nombres entiers de magnétons; cette association serait détruite par une élévation de température suffisante et remplacée par un équilibre fonction de la concentration.

Cet équilibre semble ne pas varier avec le temps.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur la discontinuité* K *d'absorption du krypton et du xénon.* Note de MM. **M. de Broglie** et **A. Lepape**, présentée par M. Brillouin.

Tous les éléments présentent à l'extrémité de leur spectre de rayons X du côté des hautes fréquences une discontinuité d'absorption, désignée par la lettre K, et dont la position a été mesurée pour un grand nombre de corps.

Parmi les déterminations encore manquantes se trouve celle des gaz rares, qui ne comprend jusqu'ici que l'argon.

Disposant d'une certaine quantité de krypton et de xénon, nous avons examiné leur spectre d'absorption. Ces gaz étaient placés, à une pression voisine de la pression atmosphérique, dans des tubes de verre de 20^{cm} de long sur 1^{cm} de diamètre, fermés par des fenêtres de mica mince et traversés par les rayons dans le sens de la longueur. Dans ces conditions, l'absorption s'est montrée convenable et la bande cherchée a été reconnue à l'endroit prévu.

Nous avons trouvé :

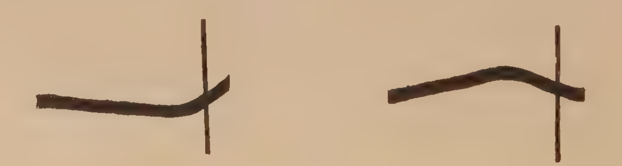
Pour le krypton..............	$\lambda = 0,8648$ Å	$N = 36$
Pour le xénon..............	$\lambda = 0,3588$ Å	$N = 54$

Le dernier chiffre de ces deux nombres n'est donné qu'à titre d'indication, la précision de mesures n'allant pas aussi loin; le but principal de la recherche était surtout de vérifier la loi de Moseley dans le cas des éléments, toujours particulièrement intéressants, du groupe des gaz rares.

PHOTOGRAPHIE. — *Technique photographique pour la mise en évidence de faibles déformations dans les objets rectilignes.* Note de M. L. **Bull**, présentée par M. Charles Richet.

Pour que la déformation d'une ligne ou d'un profil soit visible directement, il ne suffit pas que cette déformation atteigne une certaine valeur absolue, il faut qu'elle ait aussi une certaine valeur relative, par rapport à la longueur de cette ligne ou de ce profil. Ainsi une flexion de 1^{mm} au centre d'une barre qui a 10^{m} de longueur est difficilement appréciable, tandis que dans une barrette de 1^{cm} de long la même déformation serait d'une évidence frappante.

La méthode suivante permet d'obtenir des images photographiques dans lesquelles les dimensions longitudinales et les dimensions transversales d'un objet ne sont pas représentées à la même échelle; où par exemple les longueurs sont très réduites et les largeurs très amplifiées, ou inversement. On peut constater ainsi sur ces images des déformations trop faibles pour être aperçues directement sur l'objet lui-même.



Principe de la méthode. — Sur un écran percé d'une étroite fente verticale on projette une image normale de l'objet. Derrière l'écran se trouve une surface sensible destinée à recevoir l'image transformée. Cette surface sensible se déplace d'un mouvement continu, perpendiculairement à la fente. En même temps on déplace, de la même façon et dans la même direction, l'image normale jusqu'à ce que toute la surface de celle-ci ait passé sur la fente. On obtient ainsi une production photographique complète de l'image originale.

Les proportions ne sont correctement rendues sur l'image reproduite que dans le cas où la vitesse de la surface sensible et celle de l'image normale sont rigoureusement égales. On conçoit donc qu'il soit possible de modifier à son gré le rapport des deux dimensions simplement en augmentant ou en diminuant l'une de ces vitesses.

L'image reproduite sera étirée en longueur si la vitesse de la surface sensible est plus grande que celle de l'image normale; si cette vitesse est plus faible, on obtient l'effet contraire. En projetant sur la fente une image normale très agrandie, on arrive facilement avec cette méthode à représenter l'une des dimensions de l'objet à une échelle plusieurs centaines de fois plus grande que celle de l'autre.

Cette méthode, combinée avec la cinématographie, devra trouver de nombreuses applications dans les recherches sur les déformations instantanées. La figure montre, comme exemple, deux aspects d'une corde de violon (la_3), mise en vibration par un archet, lequel est visible sous la forme d'un trait vertical à droite de l'épreuve. Dans ces images, l'échelle des dimensions transversales est 35 fois plus grande que celle des dimensions longitudinales.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la mesure quantitative de l'émanation du radium par le rayonnement α. Corrections dues à la pression et à la nature du mélange gazeux.* Note [1] de M. **Adolphe Lepape**, présentée par M. Charles Moureu.

1. Toutes choses égales d'ailleurs, le courant d'ionisation que provoque dans un gaz le rayonnement α émis par une quantité donnée d'émanation du radium varie avec la pression et la nature de ce gaz.

Les condensateurs à gaz utilisés pour les mesures sont généralement étalonnés à l'aide d'émanation mélangée à de l'air sous la pression de 760^{mm} et à la température de 15°. Une correction doit donc intervenir lorsque l'on opère, par exemple, aux stations de sources thermales, où la pression atmosphérique peut être notablement inférieure à 760^{mm} (altitude), ou si les gaz des sources sont très riches en anhydride carbonique.

2. Nous avons déterminé expérimentalement la correction à apporter aux mesures faites avec l'appareil de MM. Chéneveau et Laborde [2], lorsque le mélange gazeux, véhicule de l'émanation, qui remplit le condensateur (volume : 3140^{cm^3}; diam. intérieur : 12^{cm}; haut. int. : $27^{cm},5$; diam. de l'électrode : $0^{cm},8$), est : 1° de l'air sous une pression différente de 760^{mm}; 2° un mélange d'air et d'anhydride carbonique sous la pression atmosphérique.

(1) Séance du 28 mai 1923.

(2) Ch. Chéneveau et A. Laborde, *Journ. de Phys.*, mars 1909.

a. Influence de la pression. — Pour l'air à une pression voisine de 760^{mm}, Mme Curie a indiqué une formule de correction valable pour le condensateur particulier utilisé (440$^{cm^3}$) (¹). Nous avons construit la courbe de correction de notre condensateur entre les pressions 450^{mm} et 880^{mm} et en utilisant des quantités d'émanation comprises entre 2, 5 et 28 millimicrocuries.

Nous rassemblons dans le Tableau suivant quelques valeurs choisies du courant d'ionisation maximum (vitesse de chute de la feuille de l'électroscope, trois heures après l'introduction de l'émanation) I_p, à la pression p, et les valeurs correspondantes du rapport $\frac{I_p}{I_0}$, I_0 étant le courant à la pression de 760^{mm} (erreur probable $\leqq$ 0,5 pour 100).

Em. Ra (10^{-9} curie)...	3,2.		15.		20.		25.		Valeurs moyennes
Pression p.	I_p.	$\frac{I_p}{I_0}$.	I_p.	$\frac{I_p}{I_0}$.	I_p.	$\frac{I_p}{I_0}$.	I_p.	$\frac{I_p}{I_0}$.	de $\frac{I_p}{I_0}$.
mm 450.....	0,72	0,827	2,99	0,806	3,67	0,814	5,0	0,825	0,816
550.....	0,79	0,908	3,34	0,900	4,06	0,900	5,47	0,903	0,895
640.....	0,84	0,965	3,57	0,962	4,36	0,967	5,84	0,964	0,961
720.....	0,87	1,000	3,69	0,994	4,49	0,995	6,03	0,995	0,995
760.....	0,87	1,000	3,71	1,000	4,51	1,000	6,06	1,000	1,000
800.....	0,87	1,000	3,71	1,000	4,51	1,000	6,06	1,000	1,000

Pour le condensateur utilisé : 1° le rapport $\frac{I_p}{I_0}$ est indépendant de la quantité d'émanation, c'est à-dire du nombre total des ions; 2° ce rapport, fonction de la pression seule, croît jusqu'à la pression de 760^{mm} (croissance linéaire entre 450^{mm} et 600^{mm}), puis reste constant entre 760^{mm} et 800^{mm}.

La forme des courbes $I_p = f(I_0, p) = I_0 f(p)$ s'interprète en considérant : 1° que l'ionisation due aux rayons α est caractérisée beaucoup plus par les productions et recombinaisons d'ions réalisées le long de chaque trajectoire que par le nombre total de ces dernières [hypothèse de M. Langevin, vérifiée par Moulin (²)]; 2° que, du fait de l'absorption par les parois, les rayons α possèdent une multitude de parcours compris entre zéro et celui du RaC. Aux basses pressions, les longs parcours ont une influence prépondérante (ionisation proportionnelle à la pression), puis dès que la propor-

(¹) Mme Curie, *Traité de Radioactivité*, t. 1, p. 287.

(²) M. Moulin, *Annales de Chimie et de Physique*, t. 21, 1910, p. 550; t. 22, 1911, p. 26.

tion des rayons α incomplètement utilisés correspond aux erreurs de mesure, l'ionisation reste constante quelle que soit la pression ([1]).

On voit qu'il est superflu de tenir compte des variations de la pression dès que celle-ci est supérieure à 720^{mm}. Les variations normales de température sont *a fortiori* négligeables.

Le facteur de correction doit acquérir une importance d'autant plus grande que les dimensions du condensateur sont plus réduites. Le Tableau suivant montre qu'il en est bien ainsi :

Pression p.	Grand condensateur. $\frac{I_p}{I_0}$.	Petit condensateur. $\frac{I_p}{I_0}$.
650^{mm}	0,967	0,900
700	0,989	0,947
760	1,000	1,000
800	1,000	1,030

	Volume.	D. int.	H. int.
Grand condensateur	3140$^{cm^3}$	12^{cm}	27^{cm},5
Petit condensateur	450	6,7	12^{cm},5

b. Influence de l'anhydride carbonique. — Nous avons comparé les courants d'ionisation maxima dus à une même quantité d'émanation mise en présence soit d'air sec, I_a, soit d'un mélange d'air et d'anhydride carbonique, I_m, dans le même condensateur (3[1]).

Voici les valeurs moyennes du facteur de correction $\frac{I_m}{I_a}$ (erreur probable : 1 pour 100) :

Volume CO^2.	CO^2 pour 100.	$\frac{I_m}{I_a}$.
0$^{cm^3}$	0	1
300	9,55	0,98
500	15,95	0,965
1030	32,8	0,945
2000	63,7	0,93
2890	92	0,91

L'anhydride carbonique exerce donc une action déprimante notable sur le courant d'ionisation. Or, dans ce gaz, l'ionisation α totale est supérieure

---

([1]) Cf. les expériences de MM. Geiger et Nuttall sur des sources ponctuelles de rayons α (*Phil. Mag.*, t. 22, 1911, p. 613).

de 23 pour 100 à ce qu'elle est dans l'air [1]. Mais, en sens opposé, la recombinaison des ions le long des trajectoires des rayons α est beaucoup plus intense dans CO^2 que dans l'air [2]. Dans les conditions de nos expériences (potentiel de l'électrode centrale : 300 volts environ), l'effet résultant est donc un accroissement du manque de saturation du courant d'ionisation.

3. En résumé, des corrections, habituellement négligées, doivent être appliquées aux mesures d'émanation du radium et leur importance dépend non seulement des variations de densité et de composition du gaz présent dans le condensateur, mais aussi des dimensions de ce dernier.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'entraînement du toluène à la vapeur.* Note de M. **Jean Barbaudy**, transmise par M. H. Le Chatelier.

On sait que lorsqu'on distille un mélange de deux liquides insolubles, à pression constante, le point d'ébullition et la composition de la vapeur sont fixes. Ce point d'ébullition est la température à laquelle la somme $P_A + P_B$ des tensions des constituants purs A et B est égale à la pression totale P supportée par le mélange. Le pourcentage moléculaire m_A du constituant A dans la vapeur est égal au produit par 100 du quotient $P_A : P$.

Portons maintenant notre attention sur un équilibre particulier, le système eau-toluène sous la pression de 760^{mm}. Une vapeur plus riche que $m_A = 55,73$ pour 100 en eau commence à se condenser à une température supérieure à $84°,34$, en donnant des gouttes d'eau pure. Dans le diagramme le point figuratif du système se trouve sur la courbe de rosée de l'eau. Quand la température s'abaisse, la quantité d'eau condensée augmente, mais ce n'est que lorsqu'on atteint $84°,34$ que la phase liquide toluène apparaît. La température se fixe et la condensation totale a lieu. Une vapeur, contenant moins de 53,73 molécules d'eau pour 100, présente des propriétés analogues, avec cette différence que maintenant c'est le toluène qui se condense le premier et que le système décrit alors la courbe de rosée du toluène. Ainsi l'isobare d'équilibre se compose de deux courbes de rosée, celle de l'eau et celle du toluène, et d'une ligne d'ébullition passant par le point d'intersection des deux courbes de rosée. Ce dernier point est donc un véritable point d'eutexie.

---

(1) Hess et Hornyak, *Sitz. Ber. Akad. Wiss. Wien*, t. 129, 1920, p. 661.
(2) M. Moulin, *loc. cit.*

D'après la façon même dont on peut calculer les coordonnées m_A et t de ce point d'eutexie, considéré comme étant un point de la courbe de rosée du constituant A, on peut remarquer que ce point de rosée ne dépend que de la tension de vapeur de A. La courbe de rosée de A est donc une courbe universelle, indépendante de la nature du constituant B et dépendant seulement de la pression totale P supportée par le système. En utilisant la formule de Dupré pour les tensions de vapeur, son équation s'écrit :

$$(1) \qquad m_A = 100\frac{P_A}{P} = 100\left(\frac{T_A}{T}\right)^N \exp. M\left[\frac{1}{T_A} - \frac{1}{T}\right],$$

où M et N sont des coefficients numériques dépendant de la nature de A, T et T_A ses points d'ébullition absolus sous les pressions respectives P et P_A.

Pour l'eau nous avons une première vérification de l'équation (1); ce sont justement les points d'eutexie avec différents constituants B qui jalonnent la courbe de rosée de l'eau. Le Tableau I donne quelques-uns de ces points (ramenés à 760^{mm}). Cette liste très incomplète a simplement pour but de montrer le domaine de validité de la formule (1).

Tableau I.

Corps B.	$T_A - 273°$.	m_A pour 100.	Observateurs.
Nitrobenzène	99°,5	98,2	Regnault.
Toluène	84,34	55,73	Regnault, Naumann, Barbaudy.
Chlorobenzène	72,3	33,95	S. Young.
Benzène	69,26	29,70	Regnault, Young, Naumann, etc.
Sulfure de carbone	43,4	8,73	Regnault, Naumann, etc.

Il me reste à montrer que la formule (1) s'applique aussi quand la vapeur n'est saturée que par rapport à un seul liquide, par exemple par rapport à l'eau. J'ai déterminé pour cela la solubilité de l'eau dans des vapeurs mixtes de toluène-eau :

Un générateur contenant les deux liquides fournissait l'eutectique gazeux. Cette vapeur était surchauffée à 100° par passage dans un manchon chauffé par un courant de vapeur d'eau. Le point figuratif de la phase était ainsi situé dans le domaine des vapeurs sous-saturées.

La vapeur allait ensuite barboter dans un ballon de 2^l à moitié plein d'eau et porté à une température comprise entre 95° et 100°, de 5° environ supérieure à celle que je voulais mesurer. Ce gros volume et cette grande surface de contact favorisaient l'établissement de l'équilibre. Pour être absolument certain de la saturation, la vapeur traversait ensuite un ser-

pentin plongé dans un thermostat dont la température était de 5° inférieure à celle du ballon; elle s'y condensait partiellement. Je prenais la température exacte de la vapeur au sommet du serpentin. La vapeur était totalement condensée et le distillat obtenu analysé. Voici mes résultats :

Pression.	$T_A - 273$ observé.	m_A trouvé.	m_A calculé.
mm	o	o	o
764,45	89,4	67,3	67,3
764,25	89,5	67,1	67,5
757,1	98,2	93,9	93,7
757,25	97,35	91,2	91,3

Malgré ces difficultés, j'ai tenu à employer une méthode dynamique pour me rendre compte de l'établissement pratique de l'équilibre dans un entraînement. La médiocre stabilité de ces équilibres a empêché la généralisation des séparations par entraînement. J'ai été obligé de surchauffer la vapeur eutectique avant de la saturer d'eau; sans cette précaution, j'avais une condensation partielle de toluène et le thermomètre oscillait constamment dans un intervalle de plusieurs degrés.

Je me propose de poursuivre ces mesures avec un appareil plus perfectionné.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence, sur la miscibilité du phénol et de l'eau, d'une troisième substance*. Note de M. **A. Boutaric** et de Mlle **Y. Nabot**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Timmermans [1] a montré que la courbe de miscibilité de deux liquides A et B en présence d'une troisième substance C, soluble seulement dans l'un des liquides, est tout entière extérieure à la courbe de miscibilité des deux liquides purs : la solubilité réciproque des deux liquides A et B diminue par l'addition de la substance C.

Nous avons étudié ce phénomène sur des mélanges de phénol et d'eau.

1. *Diminution relative de solubilité du phénol et de l'eau, à une température déterminée, par l'addition d'une troisième substance.* — Soit P le poids de phénol pour 100 de mélange. A une température déterminée, l'addition, au mélange phénol et eau, d'une substance soluble dans le phénol et insoluble dans l'eau, augmente le poids P pour les mélanges riches en phénol et le

---

[1] Timmermans, *Z. ph. Ch.*, t. 58, 1907, p. 129.

diminue pour les mélanges riches en eau. Soit ΔP la variation, positive ou négative, de la composition.

a. La variation relative $\frac{\Delta P}{P}$, produite par une concentration déterminée de la substance dissoute dans le phénol, varie avec la température. Elle croît avec la température pour les mélanges riches en phénol et décroît pour les mélanges riches en eau.

b. La variation relative $\frac{\Delta P}{P}$, à une température donnée, ne dépend que de la concentration moléculaire, rapportée au phénol, de la substance C. C'est ce que montrent les résultats reproduits dans le Tableau suivant, où c désigne la masse de substance dissoute par gramme de phénol, et M la masse moléculaire de cette substance. Avec le salol, l'azobenzol, l'anthraquinone, insolubles dans l'eau, les variations $\frac{\Delta P}{P}$, pour des concentrations moléculaires égales, sont très voisines. Quand la substance C est soluble dans l'eau, la variation $\frac{\Delta P}{P}$ est moindre; c'est le cas de la naphtylamine, légèrement soluble dans l'eau; c'est également le cas de la naphtaline, considérée comme insoluble dans l'eau bien que lui communiquant une forte odeur.

	$\frac{\Delta P}{P}$.				
$\frac{c}{M}$.	Salol.	Azobenzol.	Anthraquinone.	Naphtylamine.	Naphtaline.
$0,01.10^{-3}$....	0,0060	0,0067	0,0067	0,0045	0,0052
$0,04.10^{-3}$....	0,0188	0,0188	0,0188	0,0120	0,0120
$0,1\ .10^{-3}$....	0,0377	0,0399	»	0,027	0,026

Pour les mélanges riches en eau, les substances dissoutes dans le mélange s'en séparent à basse température, même lorsque la concentration est faible (centinormale), et l'on ne peut obtenir des résultats ayant quelque précision. Nous avons cependant pu vérifier sur la naphtaline, qui demeure dissoute, que $\frac{\Delta P}{P}$ est sensiblement proportionnel à la concentration c.

2. *Élévation de la température d'équilibre des mélanges de phénol et d'eau d'une composition déterminée, par l'addition d'une troisième substance.* — *a*. Pour les mélanges riches en eau, aussi bien que pour les mélanges riches en phénol, l'élévation de température diminue à mesure qu'augmente la proportion de phénol dans le mélange.

b. Pour un mélange phénol et eau, riche en phénol, de composition

déterminée, l'élévation de la température d'équilibre ne dépend que de la concentration moléculaire.

Le Tableau ci-dessous donne les valeurs de l'élévation θ de la température d'équilibre, observées sur un mélange contenant 69 pour 100 de phénol ($P = 69$). Avec le salol, l'azobenzol, l'anthraquinone, qui sont insolubles dans l'eau, les élévations θ, pour des concentrations moléculaires égales, sont très voisines. La naphtylamine et la naphtaline donnent des élévations moindres.

$\frac{c}{M}$.	θ.				
	Salol.	Azobenzol.	Anthraquinone.	Naphtylamine.	Naphtaline.
$0,01.10^{-3}$....	1,1	1,2	1,2	»	1
$0,04.10^{-3}$....	3,6	3,6	3,6	2,5	2,6
$0,1.10^{-3}$....	8	8,7	»	5,9	5,6

Pour les mélanges riches en eau, les substances dissoutes se séparent à basse température et les résultats obtenus n'ont pas de signification précise.

3. *Comparaison des résultats précédents avec l'abaissement de solubilité étudié par Nernst.* — Nernst [1] a établi que la présence d'une substance C dans un solvant A diminue la solubilité de celui-ci dans un autre solvant B, la diminution relative de solubilité étant proportionnelle au rapport $\frac{n}{N}$ des nombres de molécules de C et de A présentes dans la phase de A en équilibre avec la solution lorsque celle-ci est saturée de A. Nos résultats sont qualitativement d'accord avec ceux de Nernst, mais non quantitativement. Ils ont, en effet, une autre signification : quand on refroidit le mélange phénol et eau, riche en eau, les gouttelettes qui se séparent et produisent le trouble sont formées par une solution de C dans le phénol, presque saturée, mais de concentration inconnue.

La considération des résultats relatifs aux mélanges riches en phénol montre que la présence, dans le phénol, d'un corps C insoluble dans l'eau, diminue la solubilité de l'eau dans le phénol : l'addition d'un corps C dans un solvant A diminue la solubilité, dans ce solvant, d'un autre liquide B. Cet énoncé complète celui de Nernst que nous venons de rappeler.

---

(1) Nernst, *Z. ph. Ch.*, t. 6, 1890, p. 16.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Une contribution à la théorie des moteurs à combustion interne.* Note (1) de M. **Marcus Brutzkus.**

Il faut attribuer le développement insuffisant de la théorie des moteurs à cette circonstance qu'on omet presque complètement de s'occuper de cette question importante : quelles sont les conditions qui permettent de réaliser complètement la réaction chimique de la combustion dans le court espace de temps (environ 0,05 seconde) que nous avons à notre disposition.

Démontrer que la chimie théorique peut donner une réponse pleinement satisfaisante à cette question, tel est le but de la présente Note.

La combustion dans les moteurs. — Cette combustion, comme toute réaction chimique, n'est pas instantanée, même dans les moteurs à explosion.

Il est évident que les variations de température, de pression et de concentration causées par la combustion précédente ont une grande influence sur la combustion qui va suivre.

Le trait caractéristique de la combustion dans les moteurs, trait qui la distingue de toutes les autres combustions, est qu'elle s'accompagne de grandes variations de volume et, par conséquent, de pression, déterminées par la course du piston. Les variations considérables de température et de concentration en sont une autre caractéristique. Pour arriver au but, il faut étudier l'influence de chaque facteur séparément.

Combustion dans les moteurs et variation de pression. — Si dans la formule de l'action de masse nous multiplions par m la pression générale, nous obtiendrons l'équation

$$\frac{p_1^{n_1} p_2^{n_2} p_3^{n_3} \cdots}{p_1'^{n_1'} p_2'^{n_2'} p_3'^{n_3'} \cdots} = k = \frac{m^{\Sigma n - \Sigma n'} p_{/1}^{n_1} p_{/2}^{n_2} p_{/3}^{n_3} \cdots}{p_{/1}'^{n_1'} p_{/2}'^{n_2'} p_{/3}'^{n_3'} \cdots}.$$

Nous pouvons déduire de cette formule trois lois fondamentales pour la théorie des moteurs :

Ire Loi. — Il est préférable, au point de vue de la rapidité et de la totalité de la réaction, de brûler des corps qui, dans la combustion, subissent une augmentation du nombre des molécules sous une pression continuellement croissante, dans la course de compression. Il est préférable de brûler des corps qui, dans la combustion, subissent une augmentation du nombre des molécules sous une pression continuellement décrois-

(1) Séance du 28 mai 1923.

sante dans la course de dilatation. Pour les corps qui brûlent sans variation du nombre des molécules, la variation de pression est indifférente.

IIe Loi. — Un corps convient d'autant mieux à la combustion dans les moteurs que la variation de son nombre des molécules est plus grande durant la combustion.

La pratique a élaboré deux principaux types de moteurs : moteurs à explosion dans lesquels on brûle les combustibles gazeux techniques, qui tous donnent une diminution du nombre des molécules; et moteurs à pression constante, qui brûlent les combustibles liquides qui tous donnent une augmentation du nombre des molécules. A la lumière des considérations ci-dessus, un moteur à explosion est un moteur qui brûle les corps dans la course de compression sous une pression croissante; un moteur à pression constante en est un qui brûle les corps dans la course de dilatation sous une pression continuellement décroissante. Le fait que tous les efforts tentés pour adapter le moteur Diesel à la combustion des gaz techniques sont restés vains prouve irréfutablement la justesse de la loi (I). Le fait que les gaz, comme le méthane et l'éthylène, dont le nombre des molécules ne varie pas, et les combustibles liquides, comme le benzol et la naphtaline, dont le nombre des molécules varie très peu (6 et 8 pour 100), brûlent dans les moteurs avec beaucoup de difficulté, prouve la justesse de la loi (II).

Combustion dans les moteurs et variation de concentration. — IIIe Loi. — L'introduction du gaz neutre ou de vapeur neutre dans le cylindre sans changement au volume total des gaz est indifférente, l'introduction de l'air est favorable pour le processus de la combustion dans tous les cas. L'introduction du gaz neutre ou de vapeur neutre avec augmentation du volume est utile dans le cas d'augmentation, elle est indifférente dans le cas d'invariabilité du nombre des molécules; elle est nuisible dans le cas d'une diminution du nombre des molécules pendant la combustion. L'introduction d'un excès d'air, suivie d'une augmentation de volume, favorise le processus de la combustion en cas d'augmentation ou d'invariabilité du nombre des molécules, et, en cas de diminution du nombre des molécules, cette influence est subordonnée aux rapports quantitatifs.

Combustion dans les moteurs et variation de température. — De la formule de Van't Hoff, on peut déduire la loi (IV) suivante :

IVe Loi. — La combustion dans les moteurs doit se faire sous des influences refroidissantes continues.

Ce refroidissement continuel dans les moteurs à explosion est produit

par les gaz non encore enflammés et par les parois, dans les moteurs à pression constante, par l'évaporation du combustible introduit graduellement, par la dilatation du gaz, par l'air injecté et par les parois.

Action générale des trois facteurs. — La vitesse d'une réaction chimique est la différence des vitesses dans les deux sens opposés. Conformément aux conclusions sus-indiquées, par une modification continuelle de *t*, *p* et *c*, nous pouvons augmenter considérablement la vitesse dans un sens et la diminuer dans l'autre; et il est ainsi possible de mener la réaction avec une vitesse donnée dans la direction voulue. En imprimant continuellement de l'extérieur des changements à *p*, *t* et *c* dans un sens déterminé, nous provoquerions un processus chimique agissant juste dans le sens contraire au sens de changement de *p*, *t* et *c* et très souvent les modifications produites par la réaction prévalent sur celles de l'extérieur et, en conséquence, *t*, *p* et *c* varient en sens opposé des influences extérieures. Dans les moteurs Diesel, il n'est possible de brûler en 0,05 seconde des huiles lourdes que parce qu'on agit de l'extérieur sur la réaction en abaissant continuellement la pression et la température et en augmentant *c* de l'oxygène. Pourtant la pression ne baisse habituellement, la température monte et la concentration de l'oxygène diminue. Nous arrivons ainsi à un principe chimico-technologique général suivant :

Toute réaction chimique peut être conduite dans une direction voulue avec une vitesse voulue par une modification extérieure continue de la pression, de la température, de la concentration, dans le sens opposé à celui des variations provoquées par la réaction désirée.

L'expérience demi-séculaire dans le domaine des moteurs à combustion interne peut servir de preuve expérimentale à ce principe.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Méthode continue de déshydratation de l'alcool et de certains liquides organiques.* Note [1] de M. **Henri Guinot**, présentée par M. Charles Moureu.

Dans un Mémoire publié en 1902 [2] Young a le premier indiqué un mode de préparation de l'alcool absolu consistant à distiller l'alcool hydraté en présence de certains liquides ayant la propriété de donner séparément avec l'eau et l'alcool des mélanges à point d'ébullition minimum

(1) Séance du 28 mai 1923.

(2) Young, *Journ. of the Chem. Soc.*, t. 81, 1902, p. 707.

dits mélanges azéotropiques. Si l'on ajoute par exemple du benzène à de l'alcool hydraté et qu'on distille en utilisant une colonne ayant un très fort pouvoir de séparation, il passe d'abord à la température de 64°,85 un mélange d'eau, d'alcool et de benzène sensiblement constitué d'après Young par : 18,5 d'alcool, 7,4 d'eau et 74,1 de benzène. Une fois l'eau complètement chassée, et si la quantité de benzène ajoutée a été suffisante il distille à 68°,25 un mélange composé de 32,41 d'alcool et de 67,59 de benzène. Lorsque tout le benzène est éliminé il reste dans le récipient de l'alcool absolu.

En réalité la séparation de l'alcool des mélanges ternaires et binaires ne s'effectue pas d'une manière aussi idéale et en définitive, on n'obtient qu'une faible quantité d'alcool anhydre pur par rapport à celle qu'on a mise en œuvre, la majeure partie passant dans des mélanges bâtards d'alcool et de benzène difficiles à récupérer. Quelques auteurs, comme Chavanne (1), Wade et Fiunernore (2), Lecat (3), ont repris la question et étudié des liquides accessoires autres que le benzène, mais sans modifier toutefois la technique du procédé, c'est-à-dire sans le rendre pratiquement utilisable.

Reprenant nous-même le problème, nous avons pu, en utilisant une remarque dont Young n'avait pas songé à tirer parti, imaginer un mode opératoire continu de déshydratation dans lequel la même quantité de liquide accessoire sert de façon indéfinie à provoquer la séparation de l'eau et de l'alcool, chacun d'eux étant obtenu à l'état pur.

Nous avons observé que les liquides accessoires susceptibles d'être utilisés dans la méthode de Young donnent naissance à des mélanges azéotropiques ternaires qui décantent généralement en deux couches dont l'une contient la presque totalité de l'eau entraînée dans le mélange et l'autre la presque totalité du liquide accessoire. C'est ainsi que dans le cas très favorable du trichloréthylène on obtient un mélange azéotropique ternaire se séparant en deux couches de composition suivante :

	Couche supérieure (13 °/₀ du mél. azéot. total).		Couche inférieure (87 °/₀ du mél. azéot. total).
Eau	40 vol. °/₀		2 vol. °/₀
Trichloréthylène	5 »		77 »
Alcool	21 »	(contraction)	21 »

(1) Chavanne, *Bull. Soc. chim. Belg.*, t. 27, 1913, p. 205.

(2) Wade et Fiunernore, *Trans. Chem. Soc.*, t. 85, 1904, p. 946.

(3) Lecat, *La tension de vapeur des mélanges liquides : L'azéotropisme*, H. Lamertin, Bruxelles.

Ces chiffres montrent que la couche inférieure contient les 99 pour 100 du trichloréthylène entraîné dans le mélange ternaire total. Dans un procédé continu, on pourra donc constamment la retourner dans le récipient contenant l'alcool à déshydrater de façon à lui faire enlever une nouvelle quantité d'eau. Quant à la couche supérieure contenant presque la moitié de son volume d'eau, sa déshydratation sera, de ce fait même, rendue très facile. On peut la faire circuler d'une façon continue dans une colonne chargée d'un sel déshydratant, ou mieux encore, la traiter par distillation. Dans ce dernier cas, étant donnée la faible quantité de trichloréthylène contenue dans le liquide, c'est ce produit qui se trouvera facilement éliminé à l'état de mélange ternaire bouillant à 67°, 1, le résidu étant de l'alcool très hydraté dont la récupération est facile. Partant de ces principes on peut imaginer un appareillage réalisable même au laboratoire et permettant de déshydrater l'alcool de façon très pratique.

On effectue le mélange de l'alcool hydraté et du corps entraîneur sur les plateaux mêmes d'une colonne à distiller; chaque plateau constitue en quelque sorte un ballon à distiller où l'on répète l'expérience de Young. Le mélange ternaire dont le point d'ébullition est inférieur d'au moins 10° à celui de l'alcool, vient se classer au sommet de la colonne, tandis que l'alcool anhydre pur est rejeté vers le bas; enfin dans la zone intermédiaire s'analyse un mélange d'alcool très pur hydraté et de liquide entraîneur. Ce dernier est ajouté une fois pour toutes, en quantité suffisante pour obtenir une grande vitesse de déshydratation, mais aussi sans excès pour ne pas souiller l'alcool absolu produit.

Les vapeurs de mélange ternaire, une fois condensées, se rendent dans un décanteur où s'effectue la séparation en deux couches. La couche la plus riche en liquide entraîneur est renvoyée sur la colonne afin d'aller extraire une nouvelle quantité d'eau; la couche la plus aqueuse est au contraire dirigée sur une petite colonnette où par ébullition elle cède rapidement le corps entraîneur qu'elle contient. Au bas de la colonnette s'écoule donc de l'alcool hydraté (titrant 60° à 80°) facilement séparé en eau que l'on rejette et en alcool à 96° que l'on retourne dans la colonne principale.

Le problème se trouve donc bien résolu puisqu'en définitive on obtient l'alcool anhydre d'une part, et qu'on élimine de l'eau pure d'autre part.

De nombreux liquides peuvent être utilisés comme corps accessoire pour la déshydratation de l'alcool. Nous avons en particulier expérimenté le trichloréthylène, le tétachlorure de carbone, le benzéne, le cyclohexane, certaines essences de pétrole bien définies, les aldéhydes butylique et isobutylique, le chlorure de butyle, l'acétate d'éthyle.

En principe un bon liquide accessoire doit conduire à un mélange ternaire aussi riche que possible en eau, celle-ci se trouvant très concentrée dans l'une des deux couches; sa séparation de l'alcool absolu doit être aisée.

Généralisation de la méthode. — Il est intéressant de noter que la technique exposée dans la présente Note est susceptible d'être généralisée et appliquée à d'autres liquides que l'alcool éthylique. On peut traiter par exemple l'alcool méthylique, corps relativement difficile à obtenir anhydre par simple rectification : les alcools propylique et isopropylique, les alcools butyliques, la chlorhydrine du glycol, etc. Dans chaque cas il faut tout d'abord rechercher le liquide accessoire le plus favorable.

Dans un ordre d'idées, un peu différent, la méthode peut s'appliquer à la concentration de l'acide acétique que nous avons réalisée avec les acétates de butyle et d'amyle, à celle de la glycérine dont l'étude est actuellement en cours et enfin à celle de certains acides gras dont la déshydratatiou par les procédés habituels est parfois difficile.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Acides salicyliques iodés.*

Note de MM. **P. Brenans** et **C. Prost**, présentée par M. A. Haller.

Les acides salicyliques monoiodés déjà décrits sont les isomères

$$C^6H^3\underset{5}{I}\underset{2}{(OH)}\underset{1}{(COOH)} \quad \text{et} \quad 1.2.3.$$

Schmitt, puis Goldberg ([1]) ont obtenu l'isomère 1.2.5 en décomposant par l'acide iodhydrique le diazoacide

$$C^6H^3\begin{cases} COOH & (1) \\ O\diagdown & (2) \\ N = N & (5) \end{cases}$$

préparé avec l'acide aminosalicylique, fourni par la réduction de l'acide nitrosalicylique $C^6H^3\underset{5}{(NO^2)}\underset{2}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$.

L'isomère $C^6H^3\underset{3}{I}\underset{2}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$ n'a pas été préparé par cette méthode qui seule conduit à un isomère de constitution certaine. Il a été obtenu par Miller ([2]) qui établit sa constitution en le transformant par fusion avec la potasse en acide orthodioxybenzoïque $C^6H^3\underset{3}{(OH)}\underset{2}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$ qui par distillation sèche donne la pyrocatéchine.

([1]) Schmitt, *Zeitsch. für Chemie*, 1864, p. 322. — Goldberg, *J. für prat. Chem.*, t. 19, 1879, p. 359.

([2]) Miller, *Liebig's Ann. der Chem.*, t. 220, p. 118.

Un isomère diiodé $C^6H^2\underset{3.5}{I^2}\underset{2}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$ a été décrit avec des propriétés qui ne concordent pas. On le considère généralement comme l'isomère 1.2.3.5.

Nous avons préparé les dérivés monoiodés en utilisant l'action de l'acide iodhydrique sur les diazoïques.

D'abord l'acide nitrosalicylique $C^6H^3\underset{5}{(NO^2)}\underset{2}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$ a été réduit en acide aminosalicylique $C^6H^3\underset{5}{(NH^2)}\underset{2}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$ dont le sulfate de diazoïque, décomposé par l'acide iodhydrique, nous a fourni l'acide iodosalicylique 1.2.5. Puis le sulfate de diazoïque de l'acide aminosalicylique 1.2.3 préparé avec l'acide nitrosalicylique 1.2.3 nous a donné avec l'acide iodhydrique l'isomère $C^6H^3\underset{3}{I}\underset{2}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$.

Nous avons préparé l'isomère 1.2.5, par un autre moyen, en réduisant par le protochlorure d'étain en solution chlorhydrique l'acide benzène azosalicylique $C^6H^5-N=N-C^6H^3\underset{2}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$ déjà obtenu par Limpricht [1]. L'acide aminosalicylique ainsi obtenu a été diazoté et le sulfate du diazo décomposé par l'acide iodhydrique en acide iodosalicylique.

Nous avons préparé avec ces acides iodosalicyliques isomères des dérivés qui permettent de les identifier.

Enfin, l'un et l'autre de ces acides salicyliques monoiodés ont été transformés en un même acide salicylique diiodé $C^6H^2\underset{3.5}{I^2}\underset{2}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$ dont la constitution de ce fait n'est plus douteuse.

Acide iodosalicylique $C^6H^3\underset{5}{I}\underset{2}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$. — On ajoute peu à peu à un mélange de $5^g,70$ de chlorhydrate de l'acide aminosalicylique $C^6H^3\underset{5}{(NH^2, HCl)}\underset{2}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$ et de 60^{cm^3} d'eau, 8^g d'acide sulfurique concentré. On agite, la dissolution qui, en refroidissant, abandonne le sulfate de la base a un état très divisé. On introduit lentement dans le mélange refroidi à 0° une solution aqueuse renfermant $2^g,30$ de nitrite de soude. Quand la diazotation est achevée, on verse la bouillie renfermant le sulfate du diazo jaune clair, peu soluble, dans 12 à 15^g d'acide iodhydrique concentré refroidi, on porte peu à peu la solution colorée obtenue à 80°-90°; le dégagement d'azote commence vers 40° et l'acide iodosalicylique précipite. On ajoute à la liqueur refroidie un peu de gaz sulfureux pour enlever l'iode en excès; on obtient ainsi $7^g,20$ d'acide iodosalicylique brut. Pour le purifier, on le dissout dans l'alcool à 60°, on maintient à l'ébullition la solution additionnée de noir animal; la dissolution filtrée

(1) LIMPRICHT, *Liebig's Annalen*, t. 263, p. 224.

chaude laisse déposer l'acide monoiodé en aiguilles blanches fusibles à 198°, très solubles dans les solvants organiques, le chloroforme et le benzène exceptés.

Analyse. — Théorie : I pour 100, 48,10. Trouvé : 47,80.

L'éther acétique $C^6H^3\underset{5}{I}(\underset{2}{OCOCH^3})(\underset{1}{COOH})$, obtenu au moyen de l'anhydride acétique, cristallise dans le chloroforme en aiguilles fines fusibles à 166°.

Analyse. — Théorie : I pour 100, 41,5. Trouvé : 41,64.

L'éther éthylique $C^6H^3I(OH) - (COOC^2H^5)$ a été préparé par Schmitt (*loc. cit.*) par l'action de l'iodure d'éthyle sur le sel d'argent délayé dans l'alcool absolu. Nous n'avons pas pu l'obtenir par cette méthode, mais nous l'avons préparé avec un bon rendement en maintenant à l'ébullition pendant 18 heures une solution d'acide iodosalicylique dans 10 fois son poids d'alcool absolu contenant $\frac{15}{100}$ d'acide sulfurique. Aiguilles longues, incolores, d'odeur aromatique, fusibles à 70°-71°.

L'acide salicylique monoiodé qu'on a préparé en décomposant par l'acide iodhydrique le sulfate du diazoïque de l'acide aminosalicylique de Limpricht (*loc. cit.*) possède les propriétés de l'isomère 1.2.5. Son éther acétique est identique à l'éther acétique du précédent. Ce fait fixe la constitution de l'acide benzène azosalicylique de ce savant; c'est l'azoïque

$$C^6H^5 - \underset{5}{N = N} - C^6H^3 - (\underset{2}{OH}) - (\underset{1}{COOH}).$$

$C^6H^3\underset{3}{I}(\underset{2}{OH})(\underset{1}{COOH})$. — On diazote le sulfate de l'acide aminosalicylique

$$C^6H^3(\underset{3}{NH^2})(\underset{2}{OH})(-\underset{1}{COOH})$$

dans les mêmes conditions que le sulfate de l'isomère 1.2.5. On décompose par l'acide iodhydrique le diazo jaune, peu soluble. Le rendement en produit brut a été de 6g,75 en partant de 5g,70 de chlorhydrate de la base.

On le purifie par ébullition de sa solution alcoolique avec du noir animal.

Il cristallise en fines aiguilles, un peu rosées, fusibles à 199° très solubles dans les solvants usuels, le chloroforme et le benzène exceptés.

Analyse. — Théorie : I pour 100, 48,10. Trouvé : 48,65.

Son éther acétique, obtenu avec l'anhydride acétique, cristallisée, dans l'alcool faible, en lamelles blanches fusibles à 135°.

Analyse. — Théorie : I pour 100, 41,50. Trouvé : 40,90.

L'éther éthylique n'a pas pu être obtenu par l'action de l'iodure d'éthyle en vase ouvert sur son sel d'argent.

Obtenu par l'action de l'acide sulfurique en présence d'alcool sur l'acide iodosalicylique il constitue une huile incolore.

Acide salicylique diiodé $C^6H^2\underset{3.5}{I^2}(\underset{2}{OH})(\underset{1}{COOH})$. — On ajoute peu à peu et alternativement à une solution de 2g,64 d'acide monoiodosalicylique 1.2.5 dans 25g d'alcool 2g,54 d'iode pulvérisé et 1g,08 d'oxyde jaune de mercure. La réaction terminée, on distille la solution alcoolique séparée du biiodure de mercure. Le résidu est traité par

une solution chaude de carbonate de soude. Cette solution de diidosalicylate de soude filtrée et additionnée d'acide chlorhydrique fournit l'acide diiodé sous forme d'un produit blanc; on le purifie par cristallisation dans l'alcool à 60°. Aiguilles fines, blanches, fusibles à 228° très solubles dans les solvants organiques, le chloroforme et le benzène exceptés.

Analyse. — Théorie : I pour 100, 65,12. Trouvé : 64,64.

En opérant dans des conditions identiques, l'acide iodosalicylique 1.2.3 fournit le même acide diiodosalicylique.

L'acide salicylique diiodé ayant ces deux origines est bien l'isomère 1.2.3.5.

Éther acétique $C^6H^2\underset{3.5}{I^2}\underset{2}{(OCOCH^3)}\underset{1}{(COOH)}$, obtenu avec l'anhydride acétique, cristallise dans le chloroforme en lamelles, dures, blanches, fusibles à 153°.

Analyse. — Théorie : I pour 100, 58,79. Trouvé : 59,44.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de la chaleur sèche sur les sels alcalino-terreux des acides carbaminés.* Note [1] de M. A. **Blanchetière**, présentée par M. Charles Moureu.

Lorsqu'on fait passer un courant de CO^2 dans une solution aqueuse équimoléculaire d'un acide α-aminé et d'une base alcalino-terreuse, en présence de phtaléine, jusqu'à décoloration de celle-ci, il se précipite un sel d'acide carbaminé de formule

$$\begin{array}{lcl} R-CH & \text{———} & CO \\ \quad\;\; | & & \;| \\ \quad\; NH & & \;O \\ \quad\;\; | & & \;| \\ \quad\; CO-O & - & M'' \end{array}$$

sel qui, par ébullition de sa solution aqueuse, se décompose en carbonate alcalino-terreux et en sel alcalino-terreux de l'amino-acide correspondant.

Quelle est l'action de la chaleur sèche sur ce même composé en l'absence d'eau? J'ai pensé qu'il pouvait y avoir clivage d'une molécule de carbonate alcalino-terreux, et union du reste organique avec un reste analogue provenant d'une seconde molécule suivant l'équation

$$2\;\begin{array}{lcl} R-CH & \text{———} & CO \\ \quad\;\; | & & \;| \\ \quad\; NH & & \boxed{O} \\ \quad\;\; | & & \;| \\ \quad\; CO-O & - & M'' \end{array} \;=\; CO^3M'' + \begin{array}{ccc} R-CH & - & CO \\ | & & | \\ NH & & NH \\ | & & | \\ CO & - & CH-R \end{array}$$

---

[1] Séance du 28 mai 1923.

c'est-à-dire avec formation d'une dicétopipérazine, par une réaction analogue à celle qui permit à E. Fischer d'obtenir ces dernières aux dépens des éthers d'amino-acides :

$$\begin{array}{l} R-CH-COOCH^3 \\ \quad\quad | \\ \quad\quad NH^2 \quad NH^2 \\ \quad\quad\quad\quad\quad | \\ CH^3-O-OC-CH-R \end{array} = 2CH^3OH + \begin{array}{c} R-CH-CO \\ | \quad\quad | \\ NH \quad NH \\ | \quad\quad | \\ CO-CH-R \end{array}$$

L'action de la chaleur sur le carbamino-acétate de baryum sec à 130°, 150° et 170° permet d'obtenir, par épuisement aqueux, une substance azotée cristalline renfermant de petites quantités de baryum, dont la teneur en azote est plus élevée que celle du glycocolle qui lui a donné naissance.

Les produits bruts d'extraction ont fourni à l'analyse :

I. Produit obtenu à 130° :	N pour 100.......	19,63
	Ba »	2,48
II. » à 150° :	N pour 100.......	21,16
	Ba »	1,95
III. » à 170° :	N pour 100.......	18,22
	Ba »	non dosé

Sur le produit obtenu à 150°, présentant la teneur en azote le plus élevée, la purification fut tentée : 1° par cristallisation fractionnée; 2° par précipitation fractionnée au moyen de l'alcool. Dans les deux cas, contrairement à ce qu'on pouvait espérer, la teneur en azote s'abaisse au lieu d'augmenter : dans le premier cas la teneur en azote s'abaissa à N pour 100 : 18,49; et dans le second N pour 100 : 19,2. Le produit obtenu s'altère donc en présence de l'eau, d'autant plus profondément que son contact avec ce liquide est plus prolongé, et en faisant retour au type glycocolle; sa teneur en azote 18,49 pour 100 étant très voisine de celle de cet amino-acide 18,67 pour 100. Il fournit, en outre, avec l'hydrate de cuivre un sel qui a été identifié avec le glycocollate de cuivre.

Le produit cristallin brut obtenu primitivement est en outre insoluble dans tous les solvants usuels : éther, éther de pétrole, alcools (méthylique, éthylique, butylique, amylique), toluène, acétone, chloroforme, acétate d'éthyle, CS^2, CCl^4, pyridine, phénol (à chaud, suivi d'épuisement à l'éther). Par contre, l'épuisement par la glycérine à chaud, suivi d'une précipitation par un excès d'alcool à 95 pour 100, fournit un précipité colloïdal volumineux qui, lavé à l'alcool et séché dans le vide, est d'un poids infime et s'est fortement coloré en brun. Le produit de réaction primitif ne fond pas, mais s'altère en brunissant à partir de 185° environ.

Deux faits saillants ressortent de ces recherches : 1° l'obtention d'une substance plus riche en azote que l'amino-acide primitif; 2° la labilité extrême de ce composé avec retour à l'amino-acide qui lui a donné naissance.

La teneur en azote du produit brut obtenu à 150 (21,16 pour 100) est très voisine de celle de la glycylglycine (N pour 100 : 21,21); elle lui est cependant supérieure, si l'on calcule en glycinate le baryum présent, et si on le déduit de la substance brute dont la teneur en azote devient alors N pour 100 : 21,61. Cette substance se différencie d'ailleurs de la glycylglycine par son hydrolyse facile avec production de glycocolle. Cette facile hydrolyse le distingue également de la cycloglycylglycine (N pour 100 : 24,56) qui ne dissout pas d'hydrate de cuivre à l'ébullition.

La seule hypothèse plausible est donc qu'on a affaire à un mélange de glycocolle et de son anhydride interne : ce dernier se formant d'après l'équation

$$\begin{array}{ll} CH^2 & \!\!-\!\!-\!\!-\; CO \\ | & \quad\;\; | \\ NH & \quad\;\; O \\ | & \quad\;\; | \\ CO & \!\!-\; O - Ba \end{array} = CO^3Ba + \begin{array}{l} CH^3 - CO \\ | \quad\; / \\ NH \end{array}$$

anhydride identique à celui obtenu par Leuchs ([1]) par action de la chaleur sur l'anhydride de l'acide glycine-carbonique

$$\left.\begin{array}{l} CH^2 - CO \\ | \\ NH \\ | \\ CO - O \end{array}\right| = CO^2 + \begin{array}{l} CH^2 - CO \\ | \quad\; / \\ NH \end{array}$$

Les propriétés chimiques paraissent identiques dans les deux cas.

L'action de la chaleur sur le carbamino-propionate de baryum est beaucoup moins nette que sur le composé précédent. L'épuisement par l'eau ne fournit que des traces d'une substance gommeuse, d'ailleurs assez fortement colorée et renfermant de petites quantités de baryum.

GÉOLOGIE. — *Rôle des Crinoïdes dans l'histoire des minerais de fer oolithique secondaires*. Note de M. **L. Cayeux**, présentée par M. H. Douvillé.

Les restes de Crinoïdes jouent un rôle important et insoupçonné dans l'histoire de nos minerais de fer oolithique des temps secondaires. Ce rôle

---

([1]) Leuchs, *Berichte*, t. 39, 1906, p. 157.

est double. Ils interviennent en tant qu'éléments constituants, et, par surcroît, lorsqu'ils abondent, leur présence implique toujours un certain état du fer.

1. Les représentants des Crinoïdes figurent dans tous les minerais de fer oolithique d'origine marine. Au total, ils réalisent trois manières d'être : articles indépendants des oolithes, plus au moins roulés et usés, voire même fragmentaires; articles servant de noyaux à des oolithes; et, par exception, débris résultant d'une trituration des articles poussée à l'extrême, tellement exigus et nombreux qu'ils engendrent une véritable vase très fine servant de ciment [minerais de Villebois et Serrières (Ain)].

On désigne couramment sous le nom de minerais oolithiques des dépôts à base de restes de Crinoïdes minéralisés, convertis en fausses oolithes. Je citerai, parmi les plus intéressants, les minerais hettangiens de Thoste et Beauregard (Côte-d'Or). D'autres minerais, non pseudo-oolithiques, méritent d'être signalés par la profusion des restes de Crinoïdes qu'on y rencontre. De ce nombre sont les minerais du Lias supérieur de Villebois et Serrières (Ain), de La Verpillière (Isère), de Saint-Priest et des Avelas (Ardèche). Enfin, il est un grand nombre de minerais où les restes de Crinoïdes, sans être prépondérants, tiennent une place qui n'est pas du tout négligeable.

Au point de vue numérique, il est donc vrai de dire que la contribution des restes de Crinoïdes à la constitution des minerais de fer, dits *oolithiques*, de l'époque secondaire est de grande importance.

Loin de garder leur composition première, les articles de Crinoïdes sont généralement minéralisés. En somme, tous les composés ferrugineux en jeu y sont représentés, soit comme produit de remplissage du réseau cellulaire, soit comme produit de substitution au squelette calcaire. Le fait est d'autant plus intéressant que les transformations minéralogiques des articles marchant de pair avec celles des oolithes, il y a toutes raisons de croire que les uns et les autres ont un même point de départ calcaire.

2. Lorsqu'on jette un coup d'œil d'ensemble sur la composition de nos minerais de fer oolithique mésozoïques, on s'aperçoit que les types pétris de restes de Crinoïdes sont invariablement des minerais d'hématite rouge et de fer oligiste. Je citerai, à titre d'exemples, les minerais hettangiens de Bourgogne avec leurs Cardinies en fer oligiste, les minerais toarciens du Jura méridional [Villebois et Serrières (Ain)], de La Verpillière (Isère), de la région lyonnaise et de l'Ardèche, les minerais bajociens et bathoniens de Privas et ceux du Callovien de La Voulte (Ardèche). Cette association de nombreux articles de Crinoïdes et de peroxyde de fer

anhydre signifie, sans conteste, que la matière organique est susceptible de jouer un rôle décisif dans l'élaboration de l'hématite rouge et du fer oligiste. S'il en est ainsi, il faut voir dans l'intervention de la matière organique une preuve que la minéralisation des oolithes et des organismes est, pour ainsi dire, contemporaine de la sédimentation, notion d'ailleurs corroborée par toute une série d'observations.

La distribution de l'hématite rouge et du fer oligiste, en liaison intime avec l'abondance des restes de Crinoïdes, entraîne cette conséquence que le grand développement de l'oxyde de fer anhydre dans la série secondaire de France est fonction, non de l'âge des minerais, mais des conditions de milieu réalisées au moment même de la sédimentation. Il s'ensuit qu'une foule de minerais du Lias supérieur sont formés d'hématite brune, alors que des minerais plus récents le sont par de l'hématite rouge et de l'oligiste, sans qu'on puisse jamais faire intervenir des actions métamorphiques spéciales pour expliquer ces différences. Seul, le degré de fréquence des Crinoïdes, et partant de la matière organique, peut être mis en cause.

En résumé, les Crinoïdes jouent un rôle chimique très important dans l'histoire des minerais de fer oolithique secondaires de France.

GÉOLOGIE. — *Sur le Néocrétacé du Daralagœz* (*Transcaucasie méridionale*). Note de M. **Pierre Bonnet**, présentée par M. Émile Haug.

J'ai fait connaître dernièrement l'existence, dans le massif du Daralagœz, de l'étage Coniacien à Ammonoïdés [1], et j'ai attribué les couches saumâtres à faciès de Gosau, que j'ai décrites de cette région, à la partie inférieure du même étage [2].

Je puis en outre établir maintenant la succession complète des trois autres étages du groupe Néocrétacé, lequel, abstraction faite de ce que j'en ai déjà signalé moi-même, n'était connu jusqu'ici que par les quelques fossiles trouvés par Abich.

Cette succession, reposant sur les formations volcaniques mésocrétacées, peut, dans le Daralagœz, partie la plus bathyale du géosynclinal des chaînes de l'Araxe moyen, se résumer de la façon suivante :

I. Coniacien. — 1° Calcaires gréseux jaunes à faune saumâtre de Gosau ; 2° calcaires

---

(1) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1339.
(2) *Comptes rendus somm. Soc. Géol. Fr.*, n° 9, 1923, p. 80.

gréseux gris à *Barroisiceras Haberfellneri* Hau.; 3° calcaires gris à Inocérames, *Gauthiericeras Margæ* Schlüt.

II. Santonien. — 1° Calcaires gris à *Mortoniceras texanum* Röm.; 2° calcaires marneux gris à *Sonneratia Savini* Gross., *Inoceramus Lamarcki* Park., *I. striatus* Orb.

III. Campanien. — 1° Calcaires gris à *Echinocorys ovatus* Leske, *Echinoconus conicus* Breyn.; 2° calcaires crayeux blanchâtres à *Micraster* du gr. de *Brongniarti*.

IV. Maestrichtien. — 1° Calcaires crayeux gris blanc à *Parapachydiscus Levyi* Gross., *P. neubergicus* Hau., *P. Brandti* Redt., *P. Brandti* var. *Pegoti* Gross., *Hauericeras Rembda* Forb., *Inoceramus regularis* Orb. très abondant, *I. Goldfussi* Orb. (non *regularis* Perv.), *I. Cuvieri* Sow., *I. Brongniarti* Sow., *Hœnleinia* sp.; 2° calcaires marneux jaune clair à *Parapachydiscus Brandti* Redt., *P. Levyi* Gross., *P. colligatus* v. Binkh., *Hamites* sp., *Austinocrinus Erckerti* Dam., *Stegaster* cf. *Cotteaui* Seunes, *St.* cf. *altus* Seunes, *Inoceramus Goldfussi* Orb.; 3° calcaires gréseux jaunes, très peu fossilifères, avec rares Inocérames et fragments d'autres Lamellibranches.

Les quatre termes du Sénonien sont donc représentés ici sans interruption, bien définis par des éléments caractéristiques, et forment une série néocrétacée complète.

Cette succession montre nettement la transgressivité progressive du Néocrétacé sur les formations volcaniques mésocrétacées. La série débute par les couches saumâtres du Coniacien inférieur; le régime géosynclinal se rétablit dès la zone à *Barroisiceras Haberfellneri*, et le mouvement d'approfondissement continue régulièrement avec les termes suivants pour aboutir, au Maestrichtien, à des dépôts crayeux de type franchement bathyal, et se terminer, tout à fait au sommet, par un stade régressif.

C'est avec le Maestrichtien que le maximum de profondeur est réalisé, ainsi que le maximum d'extension des eaux : les dépôts couvrent alors de grands espaces, empiétant même directement sur les dômes anciens carbonifères. Mais cette transgression, tout en contribuant à une unification de la faune, n'apporte qu'une atténuation, sans arriver à les effacer entièrement, aux grandes différences de faciès de la base du Coniacien que j'ai antérieurement décrites [1].

De même que les terrains précédents, le Maestrichtien présente son maximum de profondeur dans le Daralagœz, centre du géosynclinal des chaînes de l'Araxe moyen, et c'est uniquement là que j'ai trouvé à sa base le Campanien bien individualisé et réalisant, de plus, le faciès des calcaires crayeux à *Micraster* absent partout ailleurs. C'est là enfin le seul point où la partie supérieure du Maestrichtien, quoique nettement régressive, soit au

(1) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1589.

moins représentée, les mouvements d'exhaussement du fond, prélude des plissements antélutétiens, atteignant ici leur minimum.

Si l'on cherche à établir un parallélisme entre cette série et le Néocrétacé des régions voisines, on constate d'abord l'absence de successions aussi complètes, avec Ammonoïdés, surmontant des couches saumâtres à faciès de Gosau, non seulement dans tout le reste de l'isthme caucasien, mais aussi dans les arcs taurique et iranien qui l'encadrent. L'insuffisance des données que nous possédons actuellement sur ces régions nous permet de dire qu'il n'existe aucune raison de ne pas supposer le prolongement des mêmes dépôts néocrétacés dans les régions géosynclinales voisines. Toujours est-il qu'il faut aller, quant à présent, pour trouver des séries comparables, jusqu'à l'Inde péninsulaire d'un côté (Trichinopoli) et jusqu'aux Alpes calcaires septentrionales de l'autre : ce n'est que dans ces deux régions, en effet, que nous trouvons une faune comparable et une même transgression du Néocrétacé, empiétant sur des terrains anciens, débutant par des couches semblables semi-marines, et aboutissant à des dépôts bathyaux à Ammonoïdés.

La Transcaucasie méridionale jouerait donc encore au Néocrétacé le rôle de jalon, comme je l'ai déjà montré notamment pour le Trias, entre ces deux points extrêmes du géosynclinal alpin-himalayen.

PALÉOBOTANIQUE. — *Sur deux espèces de Fougères nouvelles pour la flore fossile des meulières de Beauce (Aquitanien).* Note de M. **P.-H. Fritel**, présentée par M. Costantin.

La flore fossile aquitanienne n'est représentée dans les meulières de Beauce que par un nombre très restreint d'espèces qui sont les suivantes : *Glyptostrobus Europœus* Heer, *Arundo anomala* (Brongn.) Heer, qui se confond avec *Arundo Göpperti* Heer, *Nymphœites Arethusœ* (Brongn.) Sterub., dont le fruit semble représenté par le *Carpolithes ovulum* Brongn., et un autre fruit d'attribution restée jusqu'à présent douteuse, désignée tout d'abord par Al. Brongniart sous le nom de *Carpolithes thalictroides parisiensis*, et que Schimper rapporta plus tard au *Carpites Websteri* (Brongn.) Heer. Toutes ces espèces sont signalées depuis plus d'un siècle déjà par Cuvier et Brongniart dans leur Description géognostique des environs de Paris; je ne vois à y ajouter que l'*Anœctemeria Renaulti* de De Saporta [1] qui n'a d'ail-

[1] De Saporta, *Les Organismes problématiques des anciennes mers*, p. 21, fig. 2.

leurs jamais été décrit en détail et qui ne peut réellement être distingué du *N. Arethusæ* de Brongniart.

Il me semble donc intéressant de signaler ici la présence de deux plantes nouvelles pour cette florule et appartenant au groupe des Fougères. L'une peut être considérée comme représentant le *Lygodium Kaulfussi* Heer, ou une forme très voisine, l'autre de *Goniopteris stiriaca* (Ung.) Al. Braun (= *Gonioptoris-Nephrodium* de Schimper), espèces qui l'une et l'autre se rencontrent associées dans les dépôts aquitaniens du sud-est de la France et qui se retrouvent encore dans des couches du même âge en Suisse, en Allemagne et en Italie.

La première de ces deux espèces est représentée dans les meulières de Beauce par des fragments de pennes qui, par leurs dimensions et les détails de la nervation, ne se distinguent pas des figures données par Heer du *Lygodium Kaulfussi*. Elle est également comparable à une empreinte de Manosque (Basses-Alpes) que De Saporta avait étiquetée, dans sa collection, sous le nom resté inédit de *Lygodium amplus*, lequel peut être considéré comme simple variante de l'espèce de Heer.

La seconde espèce, rencontrée en compagnie de la précédente, est représentée par des portions très fragmentaires de pennes laissant voir néanmoins quelques pinnules bien conservées qui permettent d'apprécier avec plus de précision les caractères de cette espèce; par leur forme et les détails du réseau veineux, ces pinnules peuvent être comparées aux restes signalés par Heer sous le nom de *Goniopteris* (*Nephrodium*) *stiriaca* (Ung.) Al. Braun, et plus particulièrement à la variété de cette espèce ne comportant que 4-5 paires de nervures tertiaires (celles-ci au nombre de 6-9 dans la forme typique), que Heer avait distinguée spécifiquement sous le nom de *G. helvetica*, mais que Starkie Gardner réunit au *G. stiriaca*, à titre de simple synonyme.

Jusqu'à présent ces deux espèces semblent cantonnées dans les meulières recueillies à Vauboyen (entre Bièvres et Jouy-en-Josas, Seine-et-Oise) et n'ont pas encore été rencontrées dans les autres gisements de ce niveau tels que Buc, Palaiseau, Champlan et Longjumeau, tous situés à peu de distance du précédent.

OCÉANOGRAPHIE. — *Quelques gisements de coraux sur la côte occidentale du Maroc.* Note de M. GRUVEL.

Lorsqu'on étudie la côte du Maroc, entre Casablanca et Rabat, jusqu'à la limite du plateau continental qui s'étend jusqu'à environ 250^m de profondeur, on trouve une constitution particulière des fonds qui mérite de retenir l'attention.

Immédiatement après le sable ou les rochers de la plage, on rencontre par-ci, par-là quelques platiers rocheux. A partir de 80^m, commence une vase molle qui se poursuit sur une grande épaisseur jusqu'aux fonds d'environ 105^m. Cette vase est tellement fluide que, par les grandes tempêtes d'Ouest, elle se mélange à l'eau et trouble complètement toute la zone littorale.

A partir des fonds de 109^m jusqu'à 110^m, on trouve une bande de récifs coralligènes, exclusivement constitués par des buissons de *Dendrophyllia ramea*. Ces formations ne forment pas une ligne continue, mais sont, au contraire, disposées irrégulièrement sur une largeur d'environ 100^m. Les chalutiers qui traînent leurs engins trop près de cette bande coralliaire sont à peu près certains de les y laisser, accrochés aux touffes de Dendrophyllies; aussi est-il extrêmement important, pour l'avenir de la pêche au Maroc qui se pratique actuellement surtout dans cette région, de délimiter d'une façon aussi précise que possible cette bande de récifs dangereux qui se poursuit ainsi, irrégulièrement, jusqu'à la hauteur des roches de Bou-Znika (sud de Rabat).

Après cette zone de coraux, c'est-à dire par des fonds de 112^m environ, recommence la vase molle jusqu'à la limite du plateau continental.

D'autres masses de coraux, plus ou moins importantes, se rencontrent par des fonds variant de 80 à 100^m, en plusieurs autres points encore très mal délimités, par exemple au nord-ouest d'Azemmour, par des fonds de 80^m à 90^m; à l'ouest de Safi, sur le bord des platiers rocheux; puis, enfin, à l'ouest de Mogador et à la hauteur du Cap Sim.

Certains navigateurs, connaissant bien la côte marocaine, prétendent même que l'on trouve des récifs coralliens au large de toutes les saillies de la côte.

C'est là un point important qui sera vérifié d'ici peu.

Nous espérons ainsi pousser jusqu'au sud du Maroc la connaissance des fonds coralligènes indiqués dans un travail récent de M. Joubin.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Mesures magnétiques dans le Bassin de Paris.* Note de M. L. Éblé, présentée par M. Daniel Berthelot.

Cette nouvelle série de mesures magnétiques, effectuée en juin, juillet et septembre 1922, se rattache au Levé magnétique de France entrepris par la sixième section du Comité français de l'Union géodésique et géophysique internationale. Elle complète et étend notre première série (1) dans les départements de Seine-et-Oise, Seine-et-Marne, Oise, Eure-et-Loir, Loiret, où le réseau présente maintenant une densité suffisante. Sur les 40 stations étudiées, 10 sont des stations nouvelles, dont les noms figurent *en italique* dans le Tableau suivant, les 30 autres sont d'anciennes stations de Moureaux; toutes les valeurs des éléments magnétiques ont été réduites au 1er janvier 1922.

Valeurs des éléments magnétiques au 1er janvier 1922.

Numéros d'ordre.	Stations et départements.	D.	I.	H.	Situation magnétique.
		° ′	° ′		
1.	*Jouy-en-Josas* (Seine-et-Oise).	12.25,6	64.37,7	0,19690	calme
2.	Tacoignières (Seine-et-Oise)..	12.36,6	64.44,4	0,19660	un peu agitée
3.	Saint-Sauveur (Eure-et-Loir)..	12.27,4	64.28,0	0,19796	presque calme
4.	*Brézolles* (Eure-et-Loir)......	12.40,3	64.34,5	0,19717	un peu agitée
5.	Senonches (Eure-et-Loir).....	12.31,4	64.28,5	0,19789	presque calme
6.	La Loupe (Eure-et-Loir)......	12.41,1	64.27,3	0,19829	presque calme
7.	Nogent-le-Rotrou (Eure-et-L.).	12.46,9	64.22,6	0,19848	un peu agitée
8.	Courville (Eure-et-Loir)......	12.29,4	64.25,0	0,19857	calme
9.	*Magny-en-Vexin* (S.-et-Oise).	12.36,6	64.39,5	0,19518	un peu agitée
10.	Pontoise (Seine-et-Oise).	12.24,6	64.45,8	0,19721	presque calme
11.	*Brou* (Seine-et-Oise).........	12.32,8	64.12,2	0,19916	un peu agitée
12.	Châteaudun (Eure-et-Loir)...	12.22,5	64. 6,2	0,20011	presque calme
13.	*Bonneval* (Eure-et-Loir)......	12.21,6	64. 9,4	0,19966	calme
14.	Patay (Loiret)................	12. 7,8	64. 3,1	0,20047	calme
15.	Orgères (Eure-et-Loir)........	12.10,6	64. 8,9	0,19977	calme
16.	Voves (Eure-et-Loir).........	12.14,0	64.14,0	0,19954	presque calme
17.	*La Ferté-St-Aubin* (Loiret)...	12. 0,8	63.48,2	0,20178	presque calme
18.	Cercottes (Loiret)............	11.58,6	63.59,9	0,20107	calme
19.	Beaugency (Loiret)..........	12.15,2	63.52,0	0,20130	calme
20.	Melun (Seine-et-Marne).......	12. 7,6	64.18,8	0,19864	presque calme

(1) L. Éblé, *Mesures magnétiques dans le Bassin de Paris* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 494).

Numéros d'ordre.	Stations et départements.	D.	I.	H.	Situation magnétique.
21.	Fontainebleau (Seine-et-Marne).	12° 3',2	64°12',0	0,19932	presque calme
22.	Montereau (Seine-et-Marne)..	11.44,9	64. 9,9	0,19944	presque calme
23.	Nemours (Seine-et-Marne)....	12.12,8	64. 8,6	0,19974	presque calme
24.	Courtenay (Loiret)..........	11.47,0	63.53,3	0,20088	calme
25.	Montargis (Loiret)...........	12.10,7	63.59,3	0,20027	calme
26.	Châtillon-sur-Loire (Loiret)...	12.24,0	63 42,4	0,20306	un peu agitée
27.	Nogent-sur-Vernisson (Loiret).	12. 6,9	63.57,7	0,20107	calme
28.	Gien (Loiret).................	12.11,8	63.56,6	0,20200	calme
29.	Sully-sur-Loire (Loiret)......	11.34,6	63.58,5	0,20113	agitée
30.	Châteauneuf-sur-Loire (Loiret).	11.36,4	63.59,7	0,20106	agitée
31.	Bellegarde (Loiret)...........	12. 4,7	64. 2,7	0,20011	un peu agitée
32.	*Neuville-aux-Bois* (Loiret)...	11.47,2	64. 7,2	0,20097	presque calme
33.	*Crépy-en-Valois* (Oise)......	11.52,8	64.51,2	0,19748	presque calme
34.	Compiègne (Oise).............	12. 0,0	65. 3,2	0,19453	presque calme
35.	*St-Just-en-Chaussée* (Oise)...	12.11,1	65.12,5	0,19396	presque calme
36.	*Clermont* (Oise)..............	11.59,4	64.56,2	0,19564	presque calme
37.	Chantilly (Oise)..............	12. 7,6	64.51,4	0,19549	presque calme
38.	Senlis (Oise).................	12. 4,6	64.49,1	0,19536	calme
39.	Chevreuse (Seine-et-Oise)....	12.33,2	64.34,9	0,19713	calme
40.	La Ferté-Alais (Seine-et-Oise).	12.16,0	64.20,3	0,19832	calme

Dans ce nouveau réseau du Bassin de Paris constitué par nos stations, tant de 1921 que de 1922, 58 points appartiennent déjà à celui qu'a établi Moureaux en 1896; il est permis d'en déduire les variations séculaires moyennes dans cette région entre 1899 et 1922, soient :

— 3°0' pour la déclinaison;
— 0°33' pour l'inclinaison;
+ 0,0015 pour la composante horizontale.

La Station magnétique du Val-Joyeux occupe à peu près le centre de cette région; on y a observé pour la même période les variations respectives: — 2°58', — 0°32' et + 0,0015. Cependant, les écarts entre ces valeurs moyennes et les variations réellement observées en chaque point ne semblent pas répartis d'une manière fortuite, ainsi que nous l'avions cru tout d'abord. Sans dépasser beaucoup les erreurs d'expérience possibles, ils se groupent géographiquement, mais d'une manière qui n'est pas tout à fait celle qu'on aurait pu attendre.

La variation séculaire de la déclinaison dépasse 3° au nord d'une ligne

allant de Mantes à La Ferté-sous-Jouarre, mais elle est également supérieure à cette valeur au sud d'une ligne sinueuse qui passe à peu près par Brou, Orgères, Étampes, le Val-Joyeux, Paris, Mormant, Montargis. Elle est surtout forte dans le sud-est du Loiret où elle dépasse 3° 5′ aux trois stations voisines de Sully, Bellegarde et Nogent-sur-Vernisson.

Les variations de l'inclinaison semblent réparties plus uniformément, si l'on tient compte des erreurs probables. Elles restent inférieures à 30′ au nord de la ligne Magny-en-Vexin, Crépy, Provins; supérieures à 35′ au sud de la ligne Châteaudun, Toury, Montargis, Sully.

Pour la composante horizontale, la ligne d'égale variation de 0,0010 passe par Compiègne; celle de 0,0015 possède une forme irrégulière jalonnée par Bueil, Maintenon, Pithiviers, Montereau, La Ferté-Alais, Corbeil, Esternay; celle de 0,0020 va en ligne droite de Nogent-le-Rotrou à Châtillon-sur-Loire.

Mais ces irrégularités de variation sont peu de chose et le tracé des lignes isogones, isoclines et isodynamiques dans le Bassin de Paris conserve l'aspect bien connu fixé par Moureaux.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la prévision méthodique du temps.* Note de M. **R. de Montessus de Ballore**, présentée par M. Bigourdan.

Sous le titre *Essai de prévision méthodique du temps*, M. Louis Besson a publié en 1905 [1] diverses statistiques portant sur environ 1600 journées des mois de décembre, janvier et février, où il ne pleuvait pas à 9^h du matin.

Il note entre autres, Tableau A, le nombre de journées où le baromètre a marqué 725^{mm}, 730^{mm}, 735^{mm}, ..., 775^{mm} à 9^h, le nombre de ces journées où il a plu avant minuit et la probabilité p' de pluie; puis, Tableau B, le nombre de journées où le vent a été N, NNE, NE, etc. à 9^h, le nombre de ces journées où il a plu avant minuit, et la prob. p de pluie.

M. Besson dresse ensuite le Tableau C où, par exemple, les chiffres $\frac{2}{23}$ (ENE 770^{mm}) indiquent qu'il a relevé 23 journées où il ne pleuvait pas à 9^h, où le baromètre était à 770^{mm}, le vent soufflant ENE, et que sur ces 23 journées il en est 2 où il a plu avant minuit; probabilité de pluie $P = 2 : 23 = 0,09$.

---

[1] *Annales de l'Observatoire municipal*, Paris, Gauthier-Villars, 1905.

Tableau A.

Pression en mm.	Nombre de cas de pluie.	Nombre de cas total.	Prob. p' de pluie.
725...	1	1	1
730...	7	11	0,64
735...	18	21	0,86
740...	44	60	0,73
745...	88	121	0,73
750...	119	197	0,60
755...	153	293	0,52
760...	138	325	0,42
765...	89	299	0,30
770...	36	188	0,19
775...	6	26	0,23
780...	0	4	0

Tableau B.

Direction du vent.	Nombre de cas de pluie.	Nombre de cas total.	Prob. p de pluie.
N......	13	55	0,24
NNE...	25	75	0,33
NE....	24	96	0,25
ENE...	12	79	0,15
E.....	17	69	0,25
ESE...	19	56	0,34
SE.....	32	86	0,37
SSE....	46	115	0,40
S......	84	146	0,58
SSW....	89	131	0,68
SW....	110	148	0,74
WSW..	66	88	0,75
W.....	57	104	0,55
WNW..	34	96	0,46
NW....	26	65	0,40
NNW..	11	37	0,30
Calme..	24	100	0,24

Tableau C.

	N.	NNE.	NE.	ENE.	E.	ESE.	SE.	SSE.	S.	SSW.	SW.	WSW.	W.	WNW.	NW.	NNW.
775 mm et au-dessus	.	.	1	.	1	.	2	.	.	.	.	.	1	1	.	.
	2	4	6	.	2	1	3	1	.	.	1	.	3	4	.	.
770	0	3	5	2	2	0	2	3	1	5	2	3	0	4	1	1
	3	12	19	23	18	4	11	8	10	14	8	3	6	11	11	7
765	1	5	1	.	.	.	4	5	13	8	9	8	9	10	5	2
	11	18	19	16	10	6	16	25	29	17	17	14	24	19	17	5
760	.	5	6	4	1	7	7	8	13	24	13	13	12	11	7	1
	13	14	20	17	13	15	23	24	28	30	20	19	21	26	11	7
755	4	6	7	3	3	2	4	9	23	16	31	15	15	8	8	1
	7	16	20	13	10	12	15	20	35	23	40	19	23	18	3	7
750	5	4	2	1	3	5	5	11	17	11	25	7	5	8	3	5
	11	9	7	7	9	12	8	18	23	13	27	10	10	13	7	7
745	1	2	2	1	5	2	6	7	9	15	11	10	8	1	4	1
	4	2	3	1	5	3	8	12	13	19	13	12	10	3	8	2
740	2	.	.	1	1	2	2	1	6	8	9	6	3	1	2	.
	4	.	2	2	2	2	2	4	6	10	9	7	3	2	2	1
735 et au-dessous	.	.	.	.	.	1	.	2	2	5	6	5	4	.	1	.
	.	.	.	.	.	1	.	3	2	8	9	5	4	.	1	.

Je désignerai plus loin les trois grandes cases supérieures du Tableau par A, B, C et les trois cases inférieures par D, E, F.

Le but de cette Note est de montrer que les probabilités P *du Tableau C sont ce que j'ai appelé des* PROBABILITÉS RENFORCÉES ([1]), ou peu s'en faut, comme on le voit en calculant la probabilité renforcée pour tous les cas du Tableau C où il y a au moins 18 journées (nombre minimum raisonnable), sauf NE-770, WNW-765 où il y a sans doute erreurs d'observation.

La différence entre la probabilité renforcée et la probabilité d'expérience varie de 0 à 0,12.

La moyenne des différences

$$\text{probabilité d'expérience} - \text{probabilité renforcée} = 0,03 = \delta.$$

On ne peut décider sur des statistiques aussi restreintes si cette différence est effective ou nulle. Si l'on tient compte de l' « erreur probable », on peut peut-être la regarder comme nulle.

On peut faire des *groupements* tels que ceux définis par les lignes horizontale et verticales du Tableau C, pour essayer une étude plus serrée de cette différence 0,03, mais sans succès.

En effet, pour les groupements A à F, on trouve, chacun peut faire le calcul :

	A.	B.	C.	D.	E.	F.
Nombre de cas de pluie...	114	234	55	74	172	26
Nombre total de cas......	490	404	152	141	213	46

Pour A et C réunis,

$$\text{prob. exp.} = \frac{114 + 55}{490 + 152} = 0,263;$$

$$p \text{ (c'est-à-dire si la pression} \geq 755) = \frac{114 + 234 + 55}{490 + 404 + 152} = 0,385;$$

$$p' \text{ (vent N à SSE et WNW à NNW)} = \frac{114 + 74 + 55 + 26}{490 + 141 + 152 + 46} = 0,324;$$

([1]) « Soient p et p' les probabilités dues à deux symptômes S, S' se présentant ou considérés séparément ; quand S et S' se présentent *ensemble*, 1° si S et S' sont des conséquences d'un *même* phénomène, la probabilité *renforcée* est

$$P = \frac{pp'}{pp' + (1-p)(1-p')};$$

2° si S et S' sont des conséquences de deux phénomènes *différents*, la probabilité *résultante* est

$$P' = p + p' - pp'. »$$

(*Annales Soc. scientifique de Bruxelles*, janvier 1923.)

et le *calcul* donne, en partant de p et p',

prob. renf. $= 0,231$ ($\delta = 0,032$); prob. rés. $= 0,584$.

Pour D,

prob. exp. $= 0,525$; prob. renf. $= 0,513$ ($\delta = 0,012$).

Pour E,

prob. exp. $= 0,807$; prob. renf. $= 0,803$ ($\delta = 0,004$).

Si $\delta = 0$: dans la limite des observations de M. Besson, *la pression barométrique et la direction du vent sont deux conséquences d'un même phénomène.*

Si $\delta \neq 0$: la petitesse de cette différence conduit à dire que *la pression et la direction du vent sont deux conséquences de deux phénomènes, dont l'un très prépondérant.*

M. Besson donne des Tableaux, concernant la vitesse du vent, la variation barométrique, etc.; mais les Tableaux doubles correspondants sont entachés de réductions qui permettent seulement de supposer que la probabilité renforcée leur est applicable.

Indépendamment de théories générales sur les phénomènes atmosphériques, la probabilité renforcée, ou la probabilité résultante, ou une combinaison de l'une et l'autre, peut conduire à une intéressante méthode de prévision locale du temps par accumulations successives de probabilités simples p, p', p'', ..., suppléant à des nombres trop faibles d'observations à deux ou trois éléments.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la variation de température nocturne par ciel serein.* Note [1] de M. J. **Rivière**.

Par vent calme et ciel serein, le refroidissement des couches basses nous paraît être dû à la perte de chaleur par rayonnement vers le zénith, et par conduction et rayonnement vers le sol.

La perte de chaleur par rayonnement est due, d'après M. Boutaric [2], à la différence de rayonnement des couches basses vers le zénith et des couches supérieures vers les couches basses. En admettant avec lui que la tension de vapeur d'eau et la température varient avec l'altitude Z suivant

---

[1] Séance du 16 mai 1923.

[2] A. Boutaric, *Contribution à l'étude du pouvoir absorbant de l'atmosphère terrestre* (*Ann. de Phys.*, 9e série, t. 9 et 10).

les fonctions

$$f = f_0 e^{-Kz}, \qquad K = 0,87 \times 10^{-6} f_0^{\frac{7}{9}},$$

$$\theta = \theta_0 e^{-\frac{1}{3,5} kz}, \qquad k = 1,25 \times 10^{-6},$$

que le rayonnement obéit à la loi de Stefan, et que les pouvoirs émissif et absorbant de l'air soient $af = 1,75 \times 10^{-6} f$, le rayonnement des couches supérieures est égal à

$$q = \pi\sigma\theta_0^4 \frac{af_0}{af_0 + \frac{4}{3,5} k + K}$$

et la chaleur absorbée par 1^{cm^3} d'air

$$q_1 = \pi\sigma\theta_0^4 \frac{a^2 f_0^2}{af_0 + \frac{4}{3,5} k + K}.$$

La chaleur émise est

$$q_2 = af_0 \pi\sigma\theta_0^4.$$

La chaleur vraie perdue par rayonnement est alors

$$r_1 = q_2 - q_1 = af_0 \pi\sigma\theta_0^4 \frac{\frac{4}{3,5} k + K}{af_3 + \frac{4}{3,5} k + K}.$$

Nous supposerons que la chaleur perdue par conduction et rayonnement vers le sol est proportionnelle à θ_0^4 et à la différence de température $\theta - T$ entre l'air et le sol, et que

$$\frac{d(\theta - T)}{dt} = -\mu(\theta - T).$$

Cette relation nous donne $\theta - T$ et nous avons comme chaleur perdue

$$r_2 = \rho\theta_0^4 e^{-\mu t}.$$

La chaleur perdue est proportionnelle à la vitesse de refroidissement et si C est la chaleur spécifique de l'air et δ le poids de 1^{cm^3}, on a

$$r = -C\delta \frac{d\theta}{dt} = \left(0,2375 + 0,1514 \frac{f}{h}\right)\left(1,293 \times \frac{273}{\theta} \times \frac{h}{760} \times 10^{-3}\right)\frac{d\theta}{dt}.$$

Nous obtenons l'équation différentielle

$$-C\delta \frac{d\theta}{dt} = \theta_0^4 \left[af_0 \pi\sigma\theta_0^4 \frac{\frac{4}{3,5} k + K}{af_0 + \frac{4}{3,5} k + K} + \rho e^{\mu t} \right].$$

En intégrant et tenant compte des conditions initiales et des valeurs des constantes, nous avons la variation de la température en fonction du temps t exprimé en minutes,

$$\frac{1}{\theta^4} = \frac{1}{\theta_0^4} + \frac{10^4}{1,161\,\mathrm{C}h}\left[af_0\pi\sigma\frac{\frac{4}{3,5}k+\mathrm{K}}{af_0+\frac{4}{3,5}k+\mathrm{K}}t + \frac{\rho}{\mu}(1-e^{-\mu t}) \right];$$

θ_0 est la température initiale et θ la température au sol au temps t. Nous supposons f constant pendant la nuit, dans le cas où la vapeur n'est pas saturante, sinon nous avons la modification suivante :

Soit m la chaleur de vaporisation de l'eau, la chaleur dégagée pour une diminution de température $d\theta$ sera

$$d\mathrm{Q} = \mathrm{C}\,d\theta + m\,dq,$$

$$q = 0,623\frac{f}{h},$$

$$dq = \frac{df}{f} - \frac{dh}{h}.$$

$\frac{dh}{h}$ étant négligeable, on a approximativement

$$dq = q\frac{df}{f},$$

$$\frac{d\mathrm{Q}}{d\theta} = \mathrm{C} + mq\frac{1}{f}\frac{df}{d\theta}.$$

Il suffira de remplacer C dans l'équation finale par la nouvelle valeur $\frac{d\mathrm{Q}}{d\theta}$ à condition de prendre des intervalles de temps assez courts pour que $f.m.d$ et $\frac{1}{f}\frac{df}{d\theta}$ soient à peu près constants.

Étant donnée l'impossibilité d'avoir $\theta - \mathrm{T}$ à 18^h, nous avons déterminé ρ à l'aide de l'équation différentielle en calculant graphiquement $\frac{\Delta\theta}{\Delta t}$ en traçant la tangente à la courbe observée à 18^h et faisant $t = 0$: μ a été calculé par la même méthode en menant une tangente à la courbe à 22^h ou pour $t = 24^o$.

En étudiant les courbes de températures nocturnes observées à Meknès et Marrakech, nous avons trouvé une relation entre ρ et μ :

$$\frac{\rho}{\mu} = \frac{10^{-13}}{0,165 + 0,02f_0} \qquad \text{(Marrakech)},$$

$$\frac{\rho}{\mu} = \frac{10^{-13}}{0,04f_0} \qquad \text{(Meknès)}.$$

Pour établir la courbe de température nocturne, il suffit de déterminer à 18^h : $f_0 - \theta$ et ρ par la méthode graphique. Voici quelques résultats obtenus :

Station.	Date. — 1922.	Température centigrade à 18^h.	f_0.	$\rho . 10^{15}$.	Température minima obs.	Température minima calc.
		°			°	°
Marrakech	7 mars	21,5	3,6	1	9,4	9,4
»	29 août	27	10	0,8	13,7	13,1
»	6 nov.	23,5	8,4	1,3	10,1	10,6
Meknès	4 juillet	27	12,4	1,6	13,8	13,8
»	6 juillet	27	11,3	1,5	14	13,8
»	29 mars	26	13,8	0,65	12,8	12,5

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur l'opacité acoustique des mers de nuages : application à la détermination rapide de l'épaisseur d'une couche nuageuse*. Note de M. G. Reboul, présentée par M. R. Bourgeois.

Les expériences de Tyndall (¹) ont montré que des couches nuageuses, ou même simplement des masses d'air hétérogènes, diminuent fortement l'intensité des sons qui les traversent.

Plusieurs observations de guerre mettent en évidence l'opacité acoustique des mers de nuages :

1° Quand un observateur au sol est placé de manière qu'il y ait une couche nuageuse entre lui et le point où se produit l'éclatement d'un obus tiré par une pièce d'artillerie anti-aérienne, le son qu'il perçoit est plus faible qu'en l'absence de nuages.

2° Quand un observateur en ballon se trouve placé au-dessus d'une couche nuageuse, la canonnade au sol lui paraît beaucoup plus faible que si le nuage n'existait pas.

D'autres expériences montrent également que l'intensité du son perçu est beaucoup plus faible quand il y a une couche nuageuse entre l'observateur et la source sonore. En décembre 1917 le G. Q. G. ayant demandé le moyen de déterminer rapidement et à 500^m près, l'épaisseur d'une couche nuageuse supposée uniforme, j'ai proposé puis expérimenté le procédé suivant : on tire une série d'obus dont le débouchage est tel que les éclatements sont échelonnés en des points d'altitude progressivement croissante; des postes

(¹) Tyndall, *Nature, Journal of Science*, 1874, p. 251 et 267.

d'écoute notent l'intensité du son perçu au sol. A partir du moment où l'éclatement se produit au delà de la couche nuageuse, l'intensité du son perçu est plus faible : il se produit donc une brusque discontinuité dans les intensités des sons successifs que l'oreille perçoit. L'altitude correspondant à cette discontinuité permet de reconnaître la hauteur de la face supérieure du nuage; un sondage ordinaire, par ballon-pilote, donne la hauteur de la face inférieure, l'épaisseur de la couche nuageuse s'en déduit facilement.

Les expériences ont été faites au plateau de Malzéville (près Nancy) : trois postes d'écoute étaient répartis sur le plateau, l'un (poste 1) dans le voisinage de la pièce qui doit tirer, les deux autres (postes 2 et 3) à environ 600^{m} du poste 1. L'intensité du son est appréciée à l'oreille.

Les obus tirés sont des obus dits à explosif. Le tir a été effectué de deux manières :

1° Les obus sont débouchés pour une même distance, l'angle de tir est choisi de manière que l'altitude varie d'environ 500^{m} d'un coup à l'autre; les éclatements sont donc répartis sur une circonférence ayant son centre au poste 1.

2° L'angle de tir et la distance de débouchage sont choisis de manière que les éclatements aient lieu sur une même verticale et à des altitudes croissant de 500^{m} d'un coup à l'autre.

Voici, à titre d'exemple, les résultats de l'une des expériences; elle a été faite le 10 janvier 1918 de 10^{h}33^{m} à 10^{h}45^{m} :

1. *Tir effectué de la première manière.*

Obus.	Angle de tir.	Débouchage.	Altitude.	Son perçu. Poste 1.	Poste 2.	Poste 3.
1......	15°	3000^{m}	500^{m}	Fort	Fort	Fort
2......	25	3000	1000	Fort	Fort	Fort
3......	36	3000	1500	Fort et sourd	Sourd	Plus faible
4......	47	3000	2000	Faible	Faible	Faible
5......	61	3000	2500	Faible	Faible	Faible
6......	85	3000	2900	Faible	Faible	Faible

Il y a nettement discontinuité dans l'intensité du son perçu pour les altitudes comprises entre 1500 et 2000^{m}.

2. *Tir effectué de la deuxième manière.*

Obus.	Angle de tir.	Débouchage.	Altitude.	Son perçu. Poste 1.	Poste 2.	Poste 3.
	°	m	m			
1......	20	1750	500	Fort	Fort	Fort
2......	36	1900	1000	Fort	Fort	Fort
3......	47	2250	1500	Plus sourd	Fort et sourd	Plus faible
4......	55	2600	2000	Faible	Faible	Faible
5......	62	3000	2500	Faible	Faible	Faible
6......	66	3400	2900	Faible	Faible	Faible

Il y a encore discontinuité entre 1500 et 2000^{m}.

La face supérieure du nuage est donc comprise entre 1500 et 2000^{m}.

Le ciel était couvert ce jour-là d'un stratus uniforme, il neigeait par intermittence et le sondage par ballon-pilote donnait une hauteur de 300^{m} pour la face inférieure de la couche nuageuse; l'épaisseur du nuage se trouvait comprise entre 1200 et 1700^{m}.

Le rapprochement des points d'éclatement successifs permet aisément d'avoir une approximation plus grande pour l'épaisseur de la couche nuageuse.

BOTANIQUE. — *Le matériel nucléolaire pendant la télophase de la cinèse somatique dans le nucelle chez* Fritillaria imperialis *L*. Note de M. **Maurice Lenoir**, présentée par M. M. Molliard.

L'étude des phénomènes de la télophase dans les plantes est gênée par le *tassement polaire* des chromosomes qui en fait une masse chromatique d'aspect homogène au premier abord.

Or le tassement télophasique est la phase initiale de la reconstitution du noyau. Il renferme la solution de la question de la formation des nucléoles dont l'origine a suscité tant d'affirmations contradictoires dans le passé. A tel point que pour nombre de cytologistes de la présente génération, la naissance du nucléole, son rôle pendant la cinèse sont devenus *l'énigme de la cytologie*. Cette énigme, je tenterai de la résoudre par l'étude de plantes diverses parmi lesquelles *Fritillaria imperialis* L. qui fait l'objet de la présente Note.

1° *Anaphase*. — Au moment où les deux groupes de chromosomes sont arrivés aux pôles du fuseau achromatique (24 à chaque pôle) et avant tout

tassement, ils sont formés d'un axe volumineux de nucléoline revêtu d'une pellicule nette de chromatine réticulaire.

2° *Télophase.* — Pour faciliter l'exposition je partagerai la télophase en trois périodes :

A. *La protélophase ;*

B. *L'eutélophase ;*

C. *La métatélophase.*

A. *Protélophase.* — C'est la période pendant laquelle a lieu le tassement polaire actif. Les chromosomes réunis aux pôles à la fin de l'anaphase se raccourcissent et se renflent. Le renflement n'a pas lieu de façon égale suivant toute la longueur d'un chromosome pris à part.

Il commence à se produire à la partie polaire du chromosome alors que la partie encore libre tournée vers l'équateur conserve son diamètre anaphasique. Le raccourcissement continue pendant que le renflement gagne en étendue et finit par intéresser le chromosome entier. Pendant le renflement un autre fait se produit : les chromosomes devenus des vésicules plus ou moins allongées, pourvues d'étranglements successifs réguliers qui leur donnent un aspect moniliforme, se pelotonnent sur eux-mêmes, s'enchevêtrent autant que le permettent leur brièveté et leur gonflement.

En dehors de ces transformations morphologiques, et simultanément, d'autres faits, ceux-là d'ordre biochimique, se produisent dans chacun des chromosomes. Nous venons de voir pendant l'anaphase qu'un chromosome est formé de chromatine nucléolaire interne enveloppée d'une gaine de chromatine réticulaire. La pellicule mince, mais cependant perceptible pendant les phases précédentes, s'atténue et devient très peu visible au moment où le noyau arrive à la période eutélophasique, la nucléoline par contre semble prendre plus d'importance. Cette modification se propage dans le chromosome de son extrémité polaire vers l'autre extrémité et accompagne étroitement le processus du renflement.

B. *Eutélophase.* — Au moment où la télophase est arrivée à son apogée on a un noyau essentiellement formé d'une masse de chromosomes transformés en vésicules enchevêtrées, tassées, d'aspect moniliforme, ce qu'on peut constater nettement sur des noyaux sectionnés en plusieurs tranches par le rasoir. Une vue polaire montre ces noyaux sous une forme voisine de celle d'une mûre. En outre la réticuline réapparaît peu à peu, particulièrement à la surface de l'ensemble.

C. *Métatélophase.* — C'est la période inverse de la protélophase; elle

présente un intérêt considérable puisqu'elle est l'origine de la structure du noyau nouveau. Dans la protélophase on voit un tassement des chromosomes les uns contre les autres; dans la métatélophase on assiste au contraire à un relâchement général. L'aspect moniliforme des chromosomes s'accentue beaucoup; ils sont formés de grosses ponctuations, qui, après avoir été en contact très rapproché s'espacent peu à peu, ne se trouvant plus reliés que par des tractus chromatiques dont la visibilité très nette au commencement du processus s'atténue peu à peu jusqu'à devenir presque nulle dans certains noyaux en état d'interphase.

La période que j'ai distinguée sous le nom d'eutélophasique nous a montré l'établissement de la prédominance incontestée de la chromatine nucléolaire sur la chromatine réticulaire; pendant la métatélophase nous constatons le phénomène inverse amorcé pendant l'eutélophase. Alors que s'individualisent les séries de grosses ponctuations plus ou moins régulières représentant les chromosomes en état de relâchement, graduellement, la chromatine réticulaire s'accentue dans la périphérie de la plupart des ponctuations, gagnant vers leur centre; celles-ci reprennent ainsi progressivement la teinte typique du repos.

Certaines ponctuations dont le volume est variable conservent leur teinte nucléolaire et s'isolent peu à peu, de la même manière que les autres ponctuations; elles constituent les nouveaux nucléoles qui ne sont, par conséquent, pas autre chose que des portions différenciées par leur coloration spéciale du reste du système chromatique.

Il est à remarquer que l'envahissement de la réticuline *dans l'ensemble du système chromosomique* se fait ici, en règle générale, de la périphérie vers l'intérieur du noyau.

Lorsque la dispersion chromatique est achevée, le stade interphasique est réalisé. Cette dispersion est suivie de la vacuolisation des seules ponctuations formées de chromatine réticulaire.

3° *Interphase.* — En général, l'interphase présente, par conséquent, des amas chromatiques vacuolisés, répandus dans tout le noyau et réunis entre eux par des trabécules de même nature. De place en place on voit des nucléoles enchevêtrés dans les mailles où ils sont ordinairement rattachés au reste du système chromatique dont, chez la Fritillaire, il ne faut pas douter qu'ils font partie.

Conclusions. — Dans le nucelle du *Fritillaria imperialis* L. :

1° Les chromosomes anaphasiques sont composés de deux matières juxtaposées : la nucléoline interne et la réticuline externe;

2° La première tend à se substituer plus ou moins complètement à la seconde pendant l'eutélophase;

3° La métatélophase ramène la prédominance de la réticuline sur la nucléoline. La première forme le réseau chromatique nucléaire et la plupart de ses amas chromatiques; la seconde forme seulement la matière fondamentale de quelques grosses ponctuations reconstituant ainsi les nucléoles de l'interphase.

Nota. — J'ai défini les termes : Chromatine réticulaire ou réticuline; chromatine nucléolaire ou nucléoline et enfin chromatine dans une Note parue aux *Comptes rendus des séances de la Société de Biologie*, t. 88, 21 mars 1923, p. 771.

PHYSIOLOGIE. — *Les vibrations nerveuses motrices dans la série animale.* Note de M. J. Athanasiu, présentée par M. Charles Richet.

Nos recherches antérieures (1) sur les courants d'action des muscles et du système nerveux cérébro-spinal, nous ont permis d'établir que l'énergie nerveuse motrice est de nature vibratoire et présente de 300 à 500 oscillations par seconde chez l'homme, le chien, le cobaye et la grenouille.

Au laboratoire de l'institut Marey, nous avons continué ces recherches sur des espèces dont les muscles présentent des mouvements de rapidité très variable (pigeon, coq, tortue, carpe, écrevisse, escargot et sangsue).

Comme électrodes impolarisables nous avons employé de minces fils d'or ($0^{mm},4$) piqués dans les muscles à explorer. Des dispositifs, variant avec l'espèce animale étudiée permettent de provoquer des mouvements volontaires assez normaux (marche, vol, natation). Quand l'animal est à respiration exclusivement aquatique, la région à explorer (queue du poisson, pince de l'écrevisse) est tenue hors de l'eau.

Nous avons réuni, dans le Tableau suivant, les chiffres moyens des oscillations électroneuromotrices et électromusculaires, que présentent les électromyogrammes volontaires de ces différentes espèces.

Comme il fallait s'y attendre, les nombres respectifs de ces deux sortes d'oscillations varient entre des limites assez étendues. Ainsi nous trouvons la plus haute fréquence (700 par seconde) d'oscillations électroneuromotrices sur l'électromyogramme du gastrocnémien des oiseaux (coq et

(1) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 55, 114 et 181.

pigeon) et la plus basse (12-15) sur l'électromyogramme du muscle du pied chez l'escargot.

Sujet.	Muscle.	Oscillations électro-neuromotrices.	Oscillations électro-musculaires.	Rapport des $\frac{\text{oscill. électroneuromotr.}}{\text{oscill. électromusculaires}}$
Homme......	Fléchis. des doigts	432	113	$\frac{432}{113} = 3,82$
Chien........	Triceps fémoral	461	120	$\frac{461}{120} = 3,89$
Cobaye........	Triceps fémoral	432	130	$\frac{432}{130} = 3,33$
Coq...........	Gastrocnémien	493	101	$\frac{493}{101} = 4,75$
	Pectoral	408	93	$\frac{408}{93} = 4,4$
Pigeon.......	Gastrocnémien	559	148	$\frac{559}{148} = 3,8$
	Pectoral	467	118	$\frac{467}{118} = 4$
Tortue.......	Triceps fémoral	227	67	$\frac{227}{67} = 3,4$
Grenouille....	Triceps fémoral	475	117	$\frac{475}{117} = 4$
Carpe........	Queue	207	53	$\frac{207}{53} = 4$
Ecrevisse.....	Pince	50	13	$\frac{50}{13} = 3,8$
Escargot......	Pied	13	4	$\frac{13}{4} = 3,1$
Sangsue......	Longit. et circ.	30	6.3	$\frac{30}{6.3} = 4,7$

Les oscillations électromusculaires suivent une marche parallèle.

Quelles que soient les valeurs absolues de ces fréquences sur ces diverses espèces, il est un élément qui semble rester à peu près constant sur toutes, c'est le rapport du nombre d'oscillations électroneuromotrices au nombre d'oscillations électromusculaires. Il oscille autour du chiffre 4, avec un minimum de 3,1 chez l'escargot et un maximum de 4,75 chez le coq (muscle gastrocnémien).

Pour interpréter ce fait et en comprendre la signification rappelons les résultats acquis dans nos recherches antérieures, à savoir que les oscillations électromusculaires (grande et moyenne amplitude) que l'on trouve sur

tout électromyogramme volontaire, représentent les courants d'action des secousses élémentaires (¹) qui constituent la contraction musculaire volontaire et sont par conséquent l'expression fidèle de ces secousses, et que les oscillations électroneuromotrices (uniformes et de petite amplitude) représentent les courants d'action qui accompagnent l'énergie nerveuse motrice et sont par conséquent l'expression de cette énergie.

Cela étant admis, le rapport numérique qui relie ces deux ordres d'oscillations est l'expression exacte du nombre d'excitations nerveuses rapporté au nombre des secousses musculaires qui en sont la réponse (¹). Les muscles de la vie de relation reçoivent donc en moyenne chez toutes les espèces animales un nombre d'excitations nerveuses sensiblement quatre fois supérieur à celui de secousses élémentaires que ces muscles peuvent donner dans l'unité de temps.

Il semble par conséquent que pour assurer l'exécution des mouvements le système nerveux envoie aux muscles un nombre d'excitations supérieur à celui qui est strictement nécessaire.

Le système neuromusculaire de la vie de relation obéirait ainsi à ce principe de physiologie générale établi par Ch. Richet pour les échanges nutritifs : « *Pour avoir assez il faut avoir trop.* »

PHYSIOLOGIE. — *Action de la lumière sur la croissance.* Note (²) de MM. **E. Wollman** et **M. Vagliano**, présentée par M. Roux.

Les recherches récentes sur le rachitisme ont mis en évidence deux facteurs qui exercent une action en quelque sorte spécifique sur le métabolisme calcaire. Le premier est une substance, de nature chimique indéterminée, voisine du facteur A de croissance, mais s'en distinguant nettement par certains caractères. Le second facteur est constitué par la lumière, tout particulièrement par la région ultraviolette du spectre.

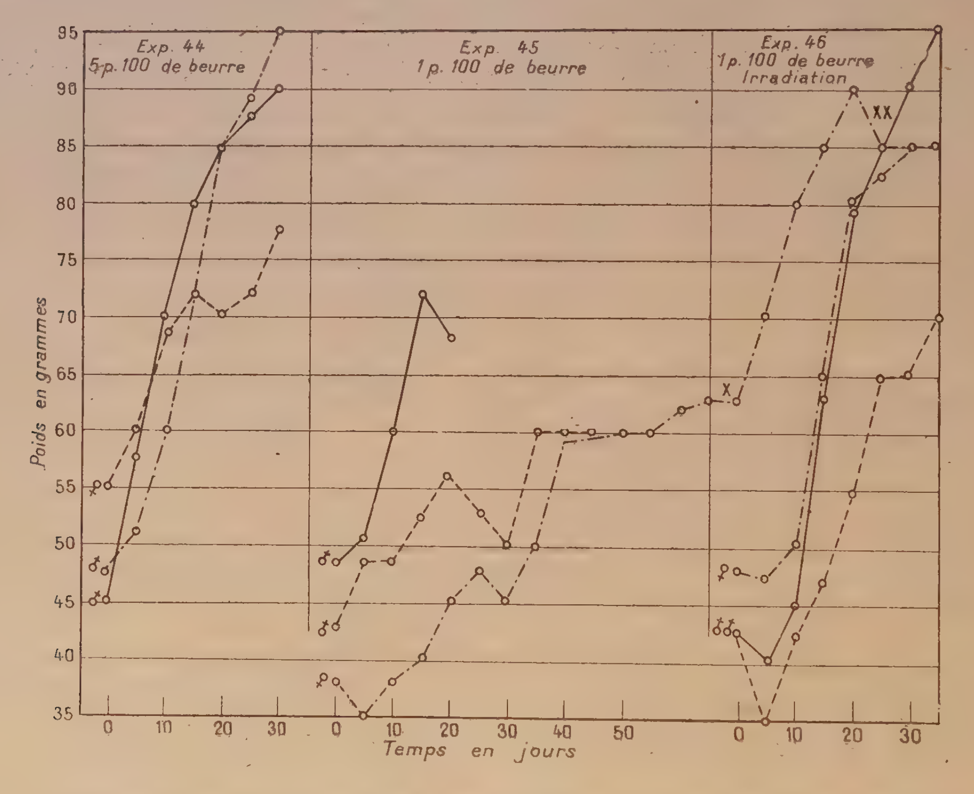
Devant les similitudes que présentent le facteur antirachitique et le facteur liposoluble de croissance, nous nous sommes demandés s'il ne serait pas possible, dans la croissance également, de mettre en évidence une action favorisante de la lumière.

(¹) Bien entendu, cette expression *secousse musculaire* n'indique pas les secousses mécaniques élémentaires du muscle, mais les secousses moléculaires se traduisant par des variations électriques.

(²) Séance du 28 mai 1923.

A cet effet des rats blancs furent mis à un régime synthétique composé de caséine purifiée, de riz glacé et de sels, le tout additionné de 2 pour 100 environ d'extrait de levure (facteur B de croissance); suivant les cas le régime était complété par de l'huile d'olives dépourvue de facteur A ou par du beurre riche en celui-ci.

Une première expérience a porté sur 3 lots de 3 rats (*fig.*). Le premier



lot (Exp. 44) reçoit, mélangé à la nourriture, 5 pour 100 de beurre; le deuxième et le troisième n'en reçoivent que 1 pour 100. Les rats sont placés dans des bocaux entourés de papier noir et ceux du troisième lot sont soumis tous les jours, pendant 3 à 5 minutes, à l'irradiation par une lampe en quartz à vapeur de mercure. Les courbes montrent avec netteté que la croissance des rats ne recevant que 1 pour 100 de beurre et soumis à l'action de la lumière (Exp. 46) a été au moins aussi rapide que celle des rats recevant 5 pour 100 de beurre, mais gardés à l'obscurité. La croissance des rats du deuxième lot (Exp. 45) est notablement plus lente. Un de ces rats est soumis à l'irradiation après 60 jours de régime (en X) : la courbe de crois-

sance se relève aussitôt pour se rapprocher de la normale. L'irradiation est suspendue en XX.

Les résultats ont été encore plus marqués dans une deuxième expérience. Deux lots de rats ont été soumis au régime ci-dessus, additionné de 1 pour 100 de beurre. Les rats furent placés dans un cabinet noir et ceux du premier lot exposés tous les jours pendant 3 à 5 minutes à la lumière de la lampe à mercure.

Le poids de ces rats est passé en 30 jours de 35^g, 37^g et 32^g (moyenne $34^g,6$) à 95^g, 108^g et 93^g (moyenne $98^g,6$). Le poids des rats non irradiés est passé, dans le même intervalle de temps, de 35^g (2 rats) à 72^g et 75^g (moyenne $73^g,5$).

Lorsque le régime ne contient pas de beurre l'irradiation par la lampe à mercure ne produit aucun effet ; un des rats ainsi traités a même présenté de la xérophtalmie. La lumière ne semble donc pas pouvoir compenser l'absence du facteur liposoluble de croissance. Elle exerce une action des plus nettes lorsque ce facteur est présent en quantité insuffisante pour assurer la croissance normale.

PHYSIOLOGIE. — *Sur quelques facteurs ostéodystrophiques et leur action suivant les espèces animales.* Note de MM. **Georges Mouriquand** et **Paul Michel**, présentée par M. Fernand Widal.

Nous avons signalé précédemment qu'il était facile de déterminer che le cobaye des troubles graves de la nutrition osseuse généralement caractérisés par la fragilité des os, des hémorragies périarticulaires et musculaires, reproduisant le syndrome scorbutique ou s'en rapprochant. Ce syndrome ostéohémorragique peut être obtenu, soit par la carence de l'alimentation en vitamine C (antiscorbutique), soit par de fortes doses d'huile de foie de morue, associées à un régime déficient, soit enfin et surtout par l'adjonction à un régime quelconque de fortes doses d'extrait thyroïdien.

Si par les mêmes méthodes nous cherchons à obtenir des troubles sévères de la nutrition osseuse du rat, nous observons les faits suivants :

1° Comme Mac Collum et divers auteurs américains l'ont montré, il est impossible de déterminer chez le rat un syndrome scorbutique par une alimentation privée de vitamines C; nos recherches personnelles confirment les résultats de ces auteurs. En mettant parallèlement des cobayes et des rats à des grains d'orge moulus (pourvus de leur cuticule), nous avons obtenu, au bout de 20 jours environ, le syndrome scorbutique aigu, décrit,

dès 1907, par Holst et Frölich. Les rats à ce même régime n'ont présenté au bout de 120 jours aucun trouble de la nutrition générale ni osseuse et leur autopsie n'a révélé aucun syndrome ostéohémorragique, comparable à celui observé chez le cobaye. Il existe donc entre ces deux animaux une différence essentielle dans la manière dont se comporte leur nutrition osseuse vis-à-vis de l'avitaminose C. La cause de cette différence reste inconnue.

2° Si au régime insuffisant que représente la consommation exclusive de grains d'orge, on ajoute de fortes doses d'huile de fois de morue, on ne détermine à aucun moment chez le rat, le syndrome ostéohémorragique facilement obtenu chez le cobaye. On sait d'ailleurs que l'huile de foie de morue ajoutée au régime rachitigène du rat préserve celui-ci de toute liaison osseuse. Nos expériences nous permettent d'ajouter que de fortes doses n'entravent en rien la nutrition osseuse du rat.

3° En raison du pouvoir ostéodystrophique considérable (chez le cobaye) des fortes doses d'extrait thyroïdien qui précipite l'apparition des phénomènes scorbutiques, on pourrait se demander si en ajoutant au régime scorbutigène (grains d'orge) des doses importantes de cet extrait on ne pourrait pas obtenir chez le rat un syndrome ostéohémorragique comparable à celui du cobaye. Toutes nos expériences dans ce sens ont abouti à des résultats négatifs. Des rats blancs adultes mis au régime d'orge plus 5^{cg} d'extrait thyroïdien ont pour la plupart présenté une remarquable résistance à cette intoxication, alors que les cobayes soumis aux mêmes doses meurent du 6e au 20e jour. Les rats blancs sont morts généralement après une faible chute de poids, entre le 38e et le 99e jour ([1]). A l'autopsie chez aucun d'eux nous n'avons relevé d'hémorragie périarticulaire, musculaire ou viscérale; leurs os présentaient à la coupe une résistance marquée, normale ([2]) ou voisine de la normale, sans altération au moins microscopique du tissus osseux ([3]).

Il apparaît donc que le rat semble défendre sa nutrition osseuse contre certains régimes ou agents dystrophiques qui se montrent très nocifs pour celle du cobaye. Par contre on sait combien la nutrition osseuse du rat, dans certaines conditions bien précisées par les auteurs américains, est sen-

---

([1]) L'un d'eux est encore vivant au 110e jour.

([2]) Dans 15 pour 100 environ des cas on note à l'autopsie un certain défaut de résistance osseuse peu accentué, d'ailleurs.

([3]) Des recherches histologiques sont en cours.

sible à la carence du phosphore qui détermine chez lui un syndrome rachitique qui ne paraît pas avoir pour l'instant été observé chez le cobaye dans des conditions identiques.

Ainsi donc pour ne considérer que ces deux espèces animales (il sera nécessaire de poursuivre des expériences sur d'autres espèces), on est frappé de la différence de résistance qu'oppose chacune d'elles aux causes dystrophiques en ce qui touche principalement leur nutrition osseuse. Il serait du plus haut intérêt de préciser la cause de cette différence. En tout cas cette comparaison nous incite à ne pas appliquer rigoureusement à la nutrition osseuse d'une espèce les résultats obtenus par l'expérimentation sur une autre espèce. En ce qui concerne la nutrition de l'homme, il faudra se servir avec une extrême circonspection des renseignements fournis par l'étude de la nutrition osseuse d'une autre espèce animale, surtout lorsque celle-ci est de par son alimentation et sa nutrition fort éloignée de lui [1].

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les variations de quelques réserves hydrocarbonées dans la Mercuriale vivace* (Mercurialis perennis *L.*). Note de M. **P. Gillot**, présentée par M. Guignard.

Les organes de réserve de la Mercuriale vivace sont constitués par un rhizome, long et traçant, portant aux nœuds des racines adventives fasciculées et des rameaux plus ou moins nombreux.

En août-septembre, des bourgeons expectants, formés au niveau des nœuds, commencent à s'allonger en rameaux souterrains dont l'accroissement se poursuit jusqu'à la fin de l'hiver. A cette époque, l'extrémité de chacune de ces jeunes pousses arrive à la surface du sol et commence à émerger. Tandis que la partie basilaire de ces nouveaux organes reste souterraine et persiste pendant plusieurs années, compliquant ainsi la morphologie du rhizome, la partie aérienne donne une tige feuillée qui porte aussitôt des fleurs, fructifie très rapidement, continue à vivre jusqu'à l'automne et disparaît à l'hiver.

On peut diviser le cycle végétatif annuel de la plante en 5 périodes :

---

(1) Des constatations faites au cours de recherches sur le pigeon et le lapin nous pouvons conclure qu'alors que ce dernier se rapproche du cobaye, le pigeon défend à peu près son squelette à la façon du rat. Dans nos cas, ni la carence de l'antiscorbutique ni l'emploi pendant 80 jours de fortes doses d'extrait thyroïdien n'ont provoqué de troubles généraux ni osseux.

1° Vie uniquement souterraine, s'étendant de la chute des feuilles jusqu'au départ de la végétation printanière : décembre à mars;

2° Constitution très rapide de l'appareil aérien, floraison et fructification : mars-avril;

3° Période d'activité assimilatrice, sans formation de nouveaux organes : mai à août;

4° Continuation de la période d'assimilation, avec apparition de la ramification souterraine : août-septembre.

5° Déclin de la végétation aérienne et développement des rameaux souterrains : octobre-novembre.

Afin de suivre les variations des réserves hydrocarbonées au cours de sa végétation, j'ai soumis à l'analyse les différents organes de la Mercuriale vivace, du mois de décembre 1920 au mois de décembre 1921.

Dans la présente Note, je ne relaterai que les variations subies, en cours d'année, par l'amidon, le maltose et le saccharose.

L'examen des résultats numériques fournis par douze essais biochimiques permet de résumer ainsi la marche des transformations qui s'opèrent dans les organes de réserve :

Pendant la première période végétative, la teneur en amidon, des rhizomes et des racines, ne subit que des variations de faible amplitude et approche lentement de son minimum (3 à 4 pour 100) [1]. La quantité de maltose reste sensiblement constante et voisine de 1 pour 100. Le saccharose, qui était à son taux maximum (4 pour 100) au début de cette période, diminue au fur et à mesure de l'accroissement des rameaux souterrains et se trouve réduit de moitié à la fin de cette période de vie purement souterraine.

Au cours de la deuxième période, la quantité d'amidon reste à son minimum; le maltose atteint sa proportion la plus faible (0,5 pour 100). Pendant ce temps, une nouvelle portion de saccharose disparaît.

Dès le début de la troisième période, on assiste à une accumulation d'amidon; le maltose commence, lui aussi, à augmenter progressivement. Par contre, c'est à ce moment que la quantité de saccharose est la plus faible (1 pour 100).

A la fin de la quatrième période, l'accumulation des matières amylacées atteint son maximum (6 pour 100 dans les rhizomes et 13 pour 100 dans les racines). Il en est de même de la proportion de maltose qui dépasse

---

(1) Ces résultats sont rapportés à 100g d'organes frais.

légèrement 2 pour 100. La teneur en saccharose commence à augmenter, mais n'excède pas sensiblement 2 pour 100.

Pendant la cinquième période, la moitié environ de la réserve amylacée disparaît; la proportion de maltose diminue sensiblement d'un tiers. La quantité de sucre de canne augmente au contraire, du simple au double, indiquant qu'il y a, à cette époque, transformation d'amidon en saccharose.

En résumé : 1° Les résultats obtenus confirment les données déjà acquises sur les relations de l'amidon et du saccharose dans les organes de réserve des végétaux.

2° La persistance et les variations du maltose dans les rhizomes et les racines de la Mercuriale montrent que ce sucre, considéré habituellement comme une formation transitoire, semble constituer ici un véritable principe de réserve.

Cette opinion se trouve renforcée par les résultats obtenus en analysant méthodiquement les rameaux développés chaque année sur les rhizomes : pendant leur vie souterraine, ces rameaux sont dépourvus de maltose; après leur sortie de terre, l'analyse ne permet jamais de déceler le maltose dans leur partie aérienne, tandis qu'elle révèle l'apparition de ce sucre dans leur partie souterraine aussitôt après la floraison. La quantité de maltose emmagasinée dans cette partie souterraine, devenue rhizome, augmente progressivement et atteint son maximun à la fin de la période d'activité assimilatrice. A partir de ce moment, elle commence à diminuer, reste sensiblement stationnaire pendant la durée de la vie purement souterraine et arrive à son minimum au moment du départ de la végétation aérienne.

Ces faits montrent que le maltose, qui existe constamment dans les organes de réserve de la Mercuriale vivace, y subit des variations comparables à celles de l'amidon et du saccharose; ils permettent donc de considérer ce sucre comme une substance de réserve au même titre que les deux autres polysaccharides.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur quelques bases, du type de la tropacocaïne, dérivées de la pseudopelletiérine.* Note de M. **Georges Tanret**, présentée par M. L. Maquenne.

On sait que la pseudopelletiérine, l'un des alcaloïdes de l'écorce de grenadier, est l'homologue supérieur d'une autre base cétonique : la tropinone. Les alcools-aminés correspondants, obtenus par réduction de la fonction

cétone, sont bien connus : c'est, d'une part, la tropine, existant sous ses deux formes stéréochimiques : tropine et ψ-tropine (I), c'est, d'autre part, la *n*-méthylgranatoline (II).

$$\begin{array}{ccccc} CH^2 & — & CH & — & CH^2 \\ | & & | & & | \\ | & & N(CH^3) & & CHOH \\ | & & | & & | \\ CH^2 & — & CH & — & CH^2 \end{array} \qquad \begin{array}{ccccc} CH^2 & — & CH & — & CH^2 \\ | & & | & & | \\ CH^2 & & N(CH^3) & & CHOH \\ | & & | & & | \\ CH^2 & — & CH & — & CH^2 \end{array}$$

(I). (II).

La tropine et surtout la ψ-tropine fournissant par éthérification au moyen de l'acide benzoïque des composés possédant une anesthésie marquée (l'un d'eux, la benzoyl-ψ-tropine, n'étant autre que la tropacocaïne de la coca de Java), il pouvait sembler intéressant de préparer les dérivés correspondants du groupe de la pseudopelletiérine et de rechercher si, par analogie, on ne retrouverait pas chez eux les propriétés anesthésiques du groupe précédent. On pouvait se croire encouragé dans une telle recherche en se souvenant que Werner (1918) a constaté le pouvoir mydriatique des éthers atropique et mandélique de la méthylgranatoline, éthers qui sont justement les homologues nucléaires de l'atropine et de l'homatropine.

1. *Benzoyl-méthylgranatoline* $CH^3.N < C^7H^{12} > CH.O.CO.C^6H^5$. — Le point de départ de sa préparation est la *n*-méthylgranatoline que l'on obtient, avec des rendements quantitatifs, en réduisant la pseudopelletiérine par le sodium et l'alcool absolu.

La benzoylation de cette base par la méthode de Baumann ne donna à Ciamician et Silber (1893) qu'un produit sans caractère de pureté. Elle est au contraire fort facile si l'on fait agir le chlorure de benzoyle sur la base en solution benzénique, au bain-marie bouillant pendant une heure environ (à froid il ne se produirait que du chlorhydrate de méthylgranatoline). Le chlorhydrate est purifié par cristallisation dans l'alcool absolu : il est soluble dans un $1^p,5$ d'eau et fond à 264°-266°.

La benzoyl-méthylgranatoline est une huile presque incolore, insoluble dans l'eau, distillant sans décomposition à 230° sous 24^{mm} Hg. Elle donne des sels bien définis : sulfate à $3H^2O$ (f. 181°), nitrate (f. 227°). Le bromhydrate et surtout l'iodhydrate sont assez peu solubles dans l'eau. L'iodométhylate, presque insoluble, ne fond qu'au delà de 300°.

Si l'on se souvient que la tropinone réduite par Na et l'alcool donne la pseudotropine, on voit que la base étudiée correspond à la benzoyl-ψ-tropine et n'est autre qu'une homotropacocaïne.

Les propriétés physiologiques de cette homotropacocaïne rappellent celles de la tropacocaïne elle-même. C'est un anesthésique local, et l'expérience montre que si l'on représente par 1 le pouvoir anesthésique de la cocaïne, celui de l'homotropacocaïne peut être évalué à $\frac{1}{2}$, celui de la tropacocaïne à $\frac{1}{3}$. Injectée au cobaye et à la souris, elle provoque à dose toxique des phénomènes d'excitation se traduisant par une série presque ininterrompue de convulsions cloniques, puis surtout toniques, pouvant amener la mort par inhibition des centres, paralysie et asphyxie. Son action se rapproche beaucoup de celle des alcaloïdes de la coca : elle s'écarte cependant de la cocaïne par un certain nombre de propriétés qui lui sont communes avec la tropacocaïne : absence de mydriase à dose modérée, intensité moins grande des phénomènes convulsifs, absence de vaso-constriction et au contraire vasodilatation légère, mort des animaux en hypothermie (baisse de 10° en deux heures), la cocaïne amenant, on le sait, une hyperthermie constante.

Les doses mortelles ont été déterminées par injection sous-cutanée (cobayes de 500^g à 650^g; souris de 18^g à 23^g) :

	Dose mortelle par kilo d'animal.	
	Cobaye.	Souris.
Chlorhydrate de cocaïne	0^g,07	0^g,13 à 0^g,14
» benzoyl-méthylgranatoline	0^g,14 à 0^g,15	0^g,17 à 0^g,18
» tropacocaïne	0^g,20 à 0^g,21	0^g,62 à 0^g,64
» méthylgranatoline	»	0^g,18
» pseudopelletiérine	0^g,23 à 0^g,24	0^g,20

Elles montrent que si la cocaïne est la plus toxique des bases de cette série, la benzoyl-méthylgranatoline l'est sensiblement moins, davantage cependant que la tropacocaïne. On peut évaluer le rapport de ces toxicités respectives à 1, $\frac{1}{2}$ et $\frac{1}{3}$ chez le cobaye : à 1, $\frac{3}{4}$ et $\frac{1}{5}$ chez la souris. La toxicité suit une décroissance de même ordre que celle du pouvoir anesthésique.

2. *Cinnamyl-méthylgranatoline.* — Par la méthylgranatoline et le chlorure de cinnamyle. La base cristallise facilement et fond à 62°-63°. Ses sels, bien cristallisés, sont peu solubles (le nitrate ne se dissout que dans 195 parties d'eau à 14°, l'iodhydrate dans 240 parties).

L'anesthésie produite par les dérivés cinnamylés est un peu inférieure à celle des dérivés benzoylés.

3. *p-Nitro-benzoyl-méthylgranatoline*

$$CH^3.N < C^7H^{12} > CH.O.CO.C^6H^4.NO^2.$$

Par la méthylgranatoline et le chlorure de *p*-nitrobenzoyl. Le chlorhy-

drate est en aiguilles blanches, de saveur amère, puis fraîche, solubles à 15° dans 46 parties d'eau. La base donne des cristaux jaune pâle fondant à 149°-150°.

4. *p-Amino-benzoyl-méthylgranatoline*

$$CH^3.N < C^7H^{12} > CH.O.CO.C^6H^4.NH^2.$$

A été obtenue par réduction du dérivé nitré au moyen de l'acide acétique et de la limaille de fer : cristaux blancs fondant à 194°-196°. Le chlorhydrate est assez peu soluble (1 partie pour 35 parties d'eau à 15°) et est doué d'un pouvoir anesthésique notablement plus faible que celui des dérivés précédents.

En résumé, on voit que l'écorce de grenadier est capable, par la pseudopelletiérine, de donner des anesthésiques locaux intéressants. Leur étude montre que le double noyau pipéridinique en C^9 de l'homotropacocaïne conduit à des dérivés plus anesthésiques (mais plus toxiques) que le noyau pipéridino-pyrrolidinique en C^8 de la tropacocaïne. Ainsi se trouve établi un nouvel exemple de la différenciation marquée qui peut exister au point de vue physiologique entre les homologues nucléaires d'une même série, pourtant si voisins au point de vue chimique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action de la levure sur le lactate de chaux; production d'alcool éthylique.* Note de M. E. **Kayser**, présentée par M. Lindet.

Parmi les composés considérés comme intermédiaires entre les sucres et l'alcool éthylique, on attribue une grande importance aux acides lactique et pyruvique qui peuvent dériver l'un de l'autre par voie chimique ou biologique.

Les recherches de Fernbach et Schoen (1), Beyerinck et Folpmers, Mazé et Ruot (2) nous ont fait connaître un certain nombre de microorganismes oxydants s'arrêtant au stade pyruvique; Aubel (3) a étudié un microbe des eaux apte à transformer l'acide pyruvique en acide lactique; nous savons encore que la levure peut décomposer l'acide lactique en acide pyruvique, acide acétique et acide carbonique.

(1) *Comptes rendus*, t. 157, 1913; t. 158, 1914, et t. 170, 1920.
(2) *C. R. Soc. Biol.*, p. 80 et 81.
(3) *Comptes rendus*, t. 176, 1923.

Furth et Lieben [1] ont montré que cette transformation exige le contact intime avec l'oxygène, qu'elle est indépendante de la température, de la configuration de l'acide lactique et de la tension de l'oxygène; Kohl [2] a signalé la fermentescibilité du lactate de soude par la zymine, la levure pressée et la levure basse de brasserie, sans apporter aucune preuve pour la production d'alcool éthylique.

Nous avons essayé l'action de diverses levures pures, ensemencées au fil de platine, dans des solutions de lactate de chaux additionnées des solutions minérales habituelles sous diverses conditions, et nous avons recherché, dans nos liquides, l'acide pyruvique, les acides acétique et valérianique, et les alcools de la série grasse.

I. Nous avons dosé l'acide pyruvique par la méthode colorimétrique en employant la réaction de Simon; d'autre part le titre de la solution pyruvique type a été déterminé par la diminution du titre alcalimétrique d'une solution de chlorhydrate d'hydroxylamine décinormale en milieu alcalin en présence de méthylorange; la diminution a été évaluée en acide sulfurique décinormal. D'une façon générale les deux méthodes ont donné des résultats comparables, bien que ceux obtenus avec l'hydroxylamine étaient quelquefois légèrement supérieurs.

Il existe des races de levures qui donnent une oxydation plus rapide et plus prononcée; les levures de laiterie, de vin, de cidre sont plus oxydantes que les levures de brasserie. L'oxydation est plus rapide à 28° qu'à 12°, plus intense dans les cultures en surface qu'en profondeur; elle augmente jusqu'à une certaine limite avec la dose de lactate de chaux, de phosphate monopotassique et ammoniacal.

L'addition de carbonate de chaux accroît la production d'acide pyruvique, comme l'ont déjà signalé Fernbach et Schœn pour les solutions minérales sucrées.

	Acide pyruvique produit pour 1000.	
	Sans carbonate.	Avec carbonate.
Levure de vin.................	g 2,15	g 3,03
» brasserie..........	1,60	2,86
» laiterie............	2,41	2,68

(1) *Bioch. Zeitschr.*, t. 128.
(2) *Dissertation de Leipzig*, 1909.

L'oxydation était plus intense avec une combinaison de diverses levures qu'avec chacune employée seule.

II. Dans nos essais nous avons en outre constaté la production d'une odeur très agréable, variable en intensité selon les conditions de l'expérience. Nous l'avons attribuée à un mélange d'alcool et d'éthers.

Les liquides fermentés sont d'abord concentrés à l'appareil à reflux Vigreux; les composés volatils ainsi recueillis sont saponifiés avec un volume connu de potasse titrée, pendant une heure au réfrigérant ascendant; on a récupéré les alcools mis en liberté par passage au réfrigérant Liebig.

Les sels potassiques ont été additionnés d'acide sulfurique pour libérer les acides volatils dosés ensuite par la méthode des distillations fractionnées Duclaux; on les trouve formés d'un mélange d'acide acétique AA et d'acide valérianique AV; les rapports ont varié comme suit :

$$\frac{1\,\mathrm{AV}}{2,5\,\mathrm{AA}}, \quad \frac{1\,\mathrm{AV}}{1,75\,\mathrm{AA}}, \quad \frac{1,2\,\mathrm{AV}}{1\,\mathrm{AA}};$$

un de nos essais a fourni par litre $52^{\mathrm{mg}},9$ AA et $28^{\mathrm{mg}},8$ AV à l'état d'éthers volatils.

La même méthode nous a donné les rapports suivants :

$$\frac{1\,\mathrm{AV}}{3\,\mathrm{AA}}, \quad \frac{1\,\mathrm{AV}}{4\,\mathrm{AA}}, \quad \frac{1\,\mathrm{AV}}{10\,\mathrm{AA}}$$

pour la combinaison de ces mêmes acides à l'état de sels de chaux; il y a proportionnellement plus d'acide acétique à l'état de sels de chaux qu'à l'état d'éthers.

Le liquide alcoolique a été soumis aux essais suivants : recherche des aldéhydes à la phénylhydrazine, par la réaction Lebbin, à la résorcine, le bisulfite de rosalinine, résultats négatifs; réaction au chlorure de benzoyle, oxydation par le mélange chromique, positives; hexagones et feuillets d'iodoforme, compte-gouttes Duclaux, constatation nette du phénomène des « larmes de Pasteur »; enfin le liquide ajouté aseptiquement à un bouillon de culture a été ensemencé au fil de platine avec une bactérie acétique de vin.

Remarquons que l'acide acétique domine, la bactérie acétique employée n'oxydant que faiblement l'alcool amylique; la production d'acide acétique montre la présence d'alcool éthylique, produit par la levure aux dépens du lactate de chaux.

L'odeur éthérée provenait donc d'un mélange de valérianate d'éthyle et d'acétate d'amyle; peut-être même y avait-il de l'alcool libre, eu égard à l'instabilité de ces sortes d'équilibres.

	Essai I.			Essai II.		
	a.	*b.*	*c.*	*a.*	*b.*	*c.*
1re prise........	8,6	»		9,2	»	
2e »	17,6	17,0		18,4	18,6	
3e »	25,9	25,1		27,6	27,6	
4e »	34,6	34,3	1 AV	36,8	36,4	1 AV
5e »	43,2	43,1	20 AA	46,0	45,2	10 AA
6e »	52,8	52,5		55,2	54,4	
7e »	62,5	63,1		64,4	64,1	
8e »	73,0	»		75,0	»	
9e »	85,5	»		86,8	»	
10e »	100,0	»		100,0	»	

La colonne *a* indique les rapports centésimaux trouvés; *b* ceux indiqués par Duclaux pour un mélange déterminé et *c* le rapport entre les deux acides mélangés.

Des recherches en cours nous permettront d'établir encore plus nettement la proportion des alcools mélangés à l'alcool éthylique, leur proportion libre ou combinée, en ayant recours à la prise de densité, au compte-gouttes Duclaux, à l'oxydation biochimique et chimique à la fois.

BIOLOGIE. — *Les zones critiques de l'adaptation au milieu.* Note de M. **Alphonse Labbé**, présentée par M. Henneguy.

Les expériences récentes de Clowes et Smith [1], de Vlès, Dragoiu et Rose [2] sur le rôle du P_H dans la fécondation et le développement des œufs d'Échinodernes, expériences identiques d'ailleurs comme résultats à celles que j'ai faites sur les œufs d'Annélides et de Némertiens, mettent en évidence que, pour un P_H voisin de 4,7, fécondation et ontogenèse sont inhibées. Or ce chiffre 4,7 est précisément le *point isoélectrique*, c'est-à-dire le moment où le nombre des anions étant égal à celui des cations, le transport des charges positives est égal au transport des charges négatives.

En ce point, la concentration en anions et en cations est *minima*, condi-

---

(1) *Journ. of Biolog. Chem.*, t. 50, 1922.

(2) *Comptes rendus*, t. 176, 8 janvier, 5 février et 19 février 1923.

tion réalisée pour

$$(\overset{+}{\mathrm{H}}) = \sqrt{\frac{K_a}{K_b}} K_e,$$

K_a, K_b et K_e représentant respectivement les constantes de dissociation des acides, des bases et de l'eau.

Comme l'a démontré J. Loeb, au point isoélectrique, l'albumine ne fixe plus ni les anions, ni les cations, et toutes les propriétés des albumines, en tant qne colloïdes amphotères (électrophorèse, viscosité, solubilité, gonflement, etc.), sont au *minimum* (Michaëlis).

Le point isoélectrique représente donc pour les cellules vivantes une première zone critique, qui est la *zone acide minima*. Elle doit d'ailleurs se réaliser rarement dans les solutions aqueuses naturelles en dehors de quelques cas particuliers, et n'a qu'une valeur expérimentale.

Si l'on trouve une première zone critique avec un P_H descendant, on peut, expérimentalement, déterminer une deuxième zone critique avec un P_H ascendant, c'est-à-dire un point d'*alcalinité maxima*, qui est atteint, dans la nature, par la concentration saline progressive dans les marais salants.

Dans diverses Communications antérieures [1], j'ai indiqué que chez les Annélides et les Némertiens (*Halosydna*, *Sabellaria*, *Lineus*), il y avait un P_H optimum pour la pénétration du spermatozoïde dans les fécondations hétérogènes, comme dans la fécondation normale, et que cet optimum est voisin de $P_H = 8,35$-$8,40$. Au-dessous, jusqu'à 8,1, il n'y a aucun changement; au-dessus, se montrent des anomalies, et l'inhibition est complète pour $P_H = 8,5$. Ces chiffres valent également pour la vitesse du développement. Gray [2] a d'ailleurs observé que les spermatozoïdes, porteurs d'une charge superficielle négative, n'ont d'action que dans les solutions capables de maintenir cette charge, d'où le rôle prépondérant de la concentration en ions hydrogène.

Mais il est curieux de constater que ce chiffre de $P_H = 8,5$ est également celui pour lequel disparaît la *faune halophile* des marais salants. Au delà vivent seuls les *Artemia*, des larves d'Insectes et quelques Infusoires, dont *Fabrea salina*.

Dès que la concentration du milieu et la formation des bicarbonates élèvent la courbe de P_H au-dessus de 8,2, chiffre normal, les animaux

---

(1) *Comptes rendus*, 1er mai, 15 mai 1922; 14 mai 1923.

(2) *Proc. Roy. Soc.*, mars 1920, p. 147-156.

marins ou dulcicoles qui, en hiver, s'étaient aventurés dans les salines, subissent des crises pathologiques (autotomies, gonflement, spasmes musculaires, paralysies et pertes de la sensibilité, troubles trophiques, dégénérescence génitale), et, tout au plus, quelques individus, plus résistants, s'adaptent tant bien que mal, en achetant leur droit de cité dans la saline au prix d'une taxe de séjour : perte de quelques soies, ou de quelques articles d'antennes. D'ailleurs, ils disparaissent aux environs de $P_H = 8,5$. Mais leurs œufs peuvent résister, et se développer si P_H n'excède pas 8,5, et, dans ce cas, les produits diffèrent quelque peu des parents. On connaît la célèbre expérience de Paul Bert sur les Daphnies qui meurent en eau salée, mais dont les œufs peuvent se développer. J'avoue n'avoir jamais pu réussir l'expérience de Paul Bert, mais je puis citer deux expériences comparables.

En hiver, dans les salines où P_H a un degré uniforme de 8,2, on trouve en abondance deux Copépodes d'eau douce : *Cyclops bicuspidatus* Claus, et *Eurytemora affinis* Poppe. En été, dans les gobiers ou les premiers fares, où P_H est aux environs de 8,4, on ne trouve plus ces deux espèces, mais J. Richard et moi-même avons rencontré *Cyclops helgolandicus* Rehberg et *Eurytemora lacinulata* Fischer. En faisant développer dans une eau de mer de $P_H = 8,4$ des coques ovigères des deux formes d'hiver, j'ai obtenu *Cyclops helgolandicus* (= *C. bicuspidatus* var. *odessanus* Schmankewitsch) et *Eurytemora lacinulata* (= *E. affinis*, var. *lacinulata*). Ces deux dernières espèces ne sont donc que des formes sursalées des espèces d'hiver, saumâtres. Notons d'ailleurs que les caractères distinctifs de ces espèces, sur lesquels je reviendrai ultérieurement, sont du même ordre que ceux qui séparent les formes *salina*, *Milhausenii*, et *koppeniana* des *Artemia*.

Voici donc un chiffre : $P_H = 8,5$, qui, dans le sens alcalinité, a une importance équivalente au point isoélectrique. Comment doit-on l'interpréter?

J'ai cru d'abord reconnaître des différences dans le P_H intérieur des œufs des Sténohyalins (P_H faible et acide), et des eurihyalins (*Nereis diversicolor*, Copépodes), les derniers ayant un P_H élevé, supérieur au P_H extérieur. Mais il faut remarquer que les indicateurs donnent avec les colloïdes des résultats si contradictoires, qu'il est prudent de ne pas se fier à la méthode connue actuellement de Sœrensen.

On sait seulement, depuis J. Lœb, que l'albumine, au-dessus de 4,7, fixe les seuls cations, et que, au-dessus de 8,5, l'action des cations mono- et plurivalents devient spécifique.

Faut-il penser que la zone critique est déterminée par le moment où la courbe du P_H extérieur vient couper celle du P_H intérieur en un point mort, un *point isoalcalin*, qui deviendrait le seuil de l'inhibition vitale? Ce

$P_H = 8{,}5$ ne serait-il pas un *deuxième point isoélectrique*, où les propriétés physiques seraient au minimum? Cela est à vérifier.

D'après la loi de Coehn, les substances dont la constante diélectrique est élevée sont positives au contact des substances dont la constante diélectrique est moindre. L'action réciproque de la substance vivante et du milieu, maintenus à une différence de potentiel constante, est directement proportionnelle à la constante diélectrique de l'eau de mer. Mais il peut se faire que, au point 8,5, il puisse y avoir égalité de potentiel de part et d'autre de la membrane, donc stabilité définitive des phases et des équilibres de Donnan et inhibition mortelle.

Il est évident que si, pour un organisme donné, on peut employer le mot : point critique, il vaut mieux, dans le raisonnement, adopter le terme *zone critique*, car ce chiffre de 8,5, valable pour les œufs à chorion mince, est peut-être dépassé pour des œufs bien protégés comme ceux des Crustacés et des Insectes.

Quoi qu'il en soit de ce problème que peuvent résoudre les physiciens, il semble que nous soyons arrivés à un tournant de la Biologie tel, que l'adaptation au milieu cesse d'être une vieille chose vague et mystérieuse, et puisse se comprendre avec des constantes physiques; et l'heure n'est peut-être pas éloignée où l'on pourra appliquer au système physico-chimique : organisme-milieu, la loi des phases de Gibbs.

ENTOMOLOGIE. — *Le peuplement en Araignées de la Nouvelle-Calédonie.* Note de M. **L. Berland**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

La position de la Nouvelle-Calédonie en rend l'étude particulièrement intéressante au point de vue zoogéographique. Cette île, dont l'étendue est sensiblement égale à celle de la Corse, est l'une des plus isolées parmi les îles de grande superficie, 1700^{km} la séparant de l'Australie, et 2000^{km} de la Nouvelle-Zélande. D'autre part, tandis que presque toutes les îles du Pacifique sont d'origine volcanique ou madréporique, la Nouvelle-Calédonie doit sa formation à des mouvements orogéniques; son existence peut donc être plus ancienne et sa faune peut avoir acquis des caractères particuliers.

Les Araignées de la Nouvelle-Calédonie étaient connues jusqu'à présent par des travaux de M. E. Simon, remontant à une trentaine d'années. En 1911-1912, MM. Sarasin et Roux, naturalistes bâlois, y ont fait un séjour prolongé, au cours duquel ils ont récolté un important matériel

botanique et zoologique, et notamment un lot d'Araignées, dont l'étude m'a été confiée. J'ai pu porter de 60 à 150 le nombre des espèces connues, et en tirer des conclusions que je résume ici.

La faune aranéenne de la Nouvelle-Calédonie a un caractère nettement endémique : 93 espèces sur les 150 actuellement connues étant absolument spéciales à l'île. Le restant comprend des espèces qui sont connues aussi d'Australie, de Nouvelle-Zélande, de Malaisie, de l'Inde, ou même ont une plus large répartition; parmi celles-ci se trouvent 9 espèces cosmopolites, transportées principalement par l'homme.

Si l'on étudie de près les espèces endémiques, on constate que leurs affinités sont surtout très nettes avec l'Australie. Tandis que la Nouvelle-Calédonie renferme un si grand nombre d'espèces spéciales, elle ne compte que 9 genres qui lui soient propres, presque toutes les espèces appartenant à des genres qui ont aussi des représentants en Australie.

L'hypothèse d'un transport d'une terre à l'autre par le vent (vol aérien des jeunes), par les bois flottants, etc., ne peut être envisagée, car ces facteurs continueraient à agir, et les deux faunes auraient beaucoup plus de rapprochements spécifiques qu'elles n'en ont. Ces facteurs ne doivent d'ailleurs exercer leur action que pour des distances assez faibles, car ils n'ont produit, par exemple, aucun échange appréciable d'Araignées entre Madagascar et l'Afrique orientale, que 400^{km} seulement séparent. On est amené à admettre que la Nouvelle-Calédonie et l'Australie ont été reliées autrefois et que les affinités de leurs faunes n'ont pas d'autre origine.

La mer du Corail qui sépare les deux terres a presque partout une grande profondeur, et il ne semble pas qu'il ait pu y avoir par là une connexion directe. Mais vers le nord de la Nouvelle-Calédonie se trouvent une série d'îles, séparées par une mer peu profonde, englobées dans le grand synclinal circumpacifique, et de puissants mouvements verticaux de l'écorce terrestre ont eu lieu sur cette région. Il est donc possible que la Nouvelle-Calédonie ait été reliée par là à la Nouvelle-Guinée et à la Malaisie, tandis que l'Australie l'était également de son côté. Une migration nord-sud, partant de la Malaisie, grand centre de dispersion biologique, aurait peuplé parallèlement l'Australie et la Nouvelle-Calédonie; l'isolement ultérieur aurait amené la création de part et d'autre d'espèces spéciales, très voisines puisqu'elles ont une origine commune.

Au même moment la Nouvelle-Zélande avait été reliée à la Nouvelle-Calédonie et recevait une grande partie de sa faune de la même manière [1], mais depuis sa séparation, les conditions climatériques sont devenues tellement différentes qu'il n'est resté qu'un assez petit nombre d'espèces communes ou affines.

Un travail récent semble permettre de dater avec une assez grande précision l'époque de ces mouvements. M. Piroutet, qui a étudié en détail la stratigraphie de la Nouvelle-Calédonie [2], établit que cette île a été entièrement submergée vers la fin de l'Éocène. Par contre, on ne trouve pas de dépôts sédimentaires plus récents, de sorte que la faune s'y est établie vers l'Oligocène, et certainement pas avant. Ceci est parfaitement d'accord avec nos connaissances sur l'ancienneté des Araignées. Nous savons, en effet, que la faune aranéenne du globe était à l'Oligocène très voisine de ce qu'elle est de nos jours (Araignées de l'ambre et de certains dépôts). L'évolution du groupe a été fort lente depuis cette époque et n'a guère dépassé, en général, la création d'espèces.

On peut donc, pour résumer, dire que :

1° Les transports actuels d'Araignées sont très peu importants et n'atteignent, pour la Nouvelle-Calédonie, que 9 espèces sur 150, espèces cosmopolites, toujours les mêmes, bien connues.

2° Le peuplement en Araignées de la Nouvelle-Calédonie est en fonction des relations paléogéographiques; il est dû presque uniquement à une migration d'espèces venant de Malaisie; l'Australie a été peuplée en même temps et de la même manière.

3° On peut fixer vers l'Oligocène l'époque de ce peuplement.

BIOSPÉOLOGIE. — *Sur l'évolution des Coléoptères aveugles et le peuplement des grottes dans les monts du Bihor, en Transylvanie.* Note de M. **René Jeannel**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Dans les massifs calcaires des monts du Bihor, les Coléoptères aveugles abondent sous les pierres enfoncées en forêt (Endogés) et dans les grottes. Ils y sont extrêmement nombreux en tant qu'individus, mais le nombre des groupes auxquels ils appartiennent est très restreint. Trois genres cons-

---

(1) Ch. Hedley, *Proc. Linn. Soc. N. S. W.*, 1899, p. 391.
(2) Piroutet, *Thèse*, Paris, 1917.

tituent en effet à eux seuls toute la faune souterraine de la région, *Duvalites* (*Trechinæ*), *Drimeotus* et *Pholeuon* (*Bathysciinæ*), ce dernier genre étant exclusivement cavernicole, alors que les deux premiers se trouvent aussi bien sous les pierres que dans les grottes.

Les *Duvalites* du Bihor n'ont pas les mêmes mœurs que les Endogés habitant les régions dénudées du littoral méditerranéen. Ils sont avant tout inféodés aux grandes forêts humides des massifs calcaires. Au printemps c'est en surface qu'on les trouve sous les pierres, même petites, lorsqu'elles reposent sur un sol argileux, grumeleux, remanié par le travail des vers de terre. Certains d'entre eux, comme *D. cognatus*, se trouvent ainsi à l'état de larve et d'imago avec les *Trechus* oculés et paraissent même bien moins exigeants au point de vue de l'humidité que certains de ces derniers, que *T. pulchellus*, par exemple. La grande majorité de ces *Duvalites* vit ainsi en surface dans des endroits où l'humidité est relativement constante. En temps de sécheresse, ils s'enfoncent dans le sol, probablement le long des galeries des Oligochètes; mais en cela ils font comme les autres Carabiques.

Ces mêmes espèces de *Duvalites* se retrouvent dans les grottes et il est remarquable qu'aucune différence morphologique n'existe entre les individus cavernicoles et les individus épigés. Ces derniers, d'ailleurs, possèdent tous les caractères (réduction de l'œil, dépigmentation, allongement des membres) que l'on attribue d'habitude à l'action du milieu souterrain.

Les *Drimeotus* ont des mœurs un peu différentes. On les trouve très rarement sous les pierres; ils m'ont paru vivre surtout dans les fentes de retrait de l'argile, au contact des parois rocheuses des lapiaz. Par ces fentes, ils abordent les fissures de la roche et pénètrent dans les grottes; mais dans les endroits humides des forêts ils peuvent aussi sortir des fentes et se trouver errant à découvert sur les parois rocheuses. Et, cependant, aveugles, avec leurs longues antennes et leur corps rétréci, ces *Drimeotus* ne le cèdent en rien, par leur aspect général, à bien des types de *Bathysciinæ* cavernicoles que l'on considère comme des plus évolués.

Ces *Duvalites* et *Bihorites* ne se sont d'ailleurs pas comportés de la même manière dans toute la chaîne des monts Bihor. Dans les massifs calcaires de la région centrale, dont l'altitude atteint 1500^{m}, où les neiges persistent très tard et où les forêts sont remarquablement humides, ils abondent sous les pierres et manifestement commencent à coloniser les grottes. Dans le nord de la chaîne, au contraire, où les montagnes ne dépassent pas 900^{m}, où les forêts sont relativement sèches et les neiges fondent de bonne heure, il n'existe pas d'endogés et toutes les espèces connues sont cavernicoles, ne

différant d'ailleurs en rien par leurs caractères évolutifs des espèces endogées du Bihor central.

Tous ces faits permettent donc de se faire l'idée suivante du peuplement du domaine souterrain dans les monts du Bihor :

Pendant le Glaciaire, les *Duvalites*, *Drimeotus* et *Pholeuon*, venus des massifs dinariques à la fin du Pliocène, vivaient à la surface du sol, à la faveur d'un climat très humide. Par suite du changement du climat, après les temps glaciaires, tous ces coléoptères, d'abord largement distribués, se sont localisés, formant des colonies dans les endroits plus favorables, puis se sont enfoncés peu à peu dans le sol, d'abord aux saisons sèches, puis définitivement. Des races locales, des espèces nouvelles ont pris naissance, par ségrégation, mais toutes semblent bien être actuellement telles qu'elles étaient pendant le Glaciaire, lorsqu'elles menaient une vie épigée, au point de vue de leur dépigmentation, de la régression de l'œil et de tous les caractères généralement dits adaptatifs.

Cette immigration dans le sous-sol est achevée aujourd'hui dans les basses altitudes et particulièrement dans le nord du Bihor. Elle est en cours dans la région centrale dont la faune, à la fonte des neiges, nous donne certainement une image assez exacte de ce que devait être jadis cette ancienne faune hygrophile épigée.

Les *Pholeuon*, probablement plus exigeants sur les conditions hygrométriques, ont dû peupler les grottes les premiers, sans doute après avoir été eux aussi endogés. Puis les *Drimeotus* sont devenus endogés dans le nord du Bihor, y ont colonisé les grottes, comme ils le font de nos jours dans le Bihor central, et ont finalement disparu de la faune endogée. Leurs colonies cavernicoles dans le nord du Bihor jalonnent maintenant leur ancienne aire de répartition épigée.

On voit donc à quel point les monts du Bihor constituent un merveilleux champ d'observation pour l'étude de la genèse des faunes cavernicoles. On peut y saisir sur le vif la preuve que les caractères bien connus des Cavernicoles ne sont pas forcément des adaptations au milieu souterrain, puisqu'on les trouve parfaitement développés chez des espèces encore épigées. Ces modifications qu'on observe chez les Cavernicoles semblent plutôt être le fait de vieilles orthogénèses dont les causes, probablement diverses, seront à débrouiller.

En général les Cavernicoles appartiennent à des lignées anciennes et très spécialisées, ayant subi dans le passé des évolutions très diverses. Une hygrophilie progressive, peut-être liée à certains de leurs caractères mor-

phologiques, les a amenés à n'être plus viables dans le domaine épigé sous les climats de l'époque actuelle; aussi ont-ils colonisé les fentes humides du sol et les cavernes, dont les conditions d'existence leur permettait de survivre. Le domaine souterrain serait donc pour les Cavernicoles un milieu bien plus « conservateur » que modificateur.

ZOOLOGIE. — *Texture chitineuse fondamentale de la coquille des Foraminifères porcelanés.* Note (¹) de M. **Eugène Lacroix.**

En décalcifiant avec précaution le test de divers Foraminifères porcelanés récents (*Miliola*, *Pencroplis*), on met en évidence une très fine membrane, anhiste, transparente, faiblement teintée en jaune dans les parties les plus épaisses, qui reproduit tous les contours extérieurs et le dispositif interne des loges de ces coquilles.

Vue par F. Dujardin (1841), par Carpenter (1862) : pour F. Dujardin, cette membrane est située à la face interne des loges; Carpenter la considère comme *a delicate gelatinous-looking substratum of animal matter*.

La substance dont est composée cette membrane résiste à l'action des acides dilués ou purs (acétique, chlorhydrique, azotique, sulfurique) employés à froid; elle n'est pas attaquée par les alcalis (ammoniaque, potasse ou soude caustique); seuls les hypochlorites (eau de Javel, liqueur de Labarraque) la gonflent et la dissolvent rapidement. Elle n'a pas d'affinité élective pour les colorants usuels, sauf la teinte brune déterminée par l'action successive de la solution iodurée forte et de la solution de chlorure de zinc. Bref, cette membrane se comporte, vis-à-vis des divers réactifs histo-chimiques, comme le font, soit des fragments d'ailes d'insectes, soit des fragments décalcifiés de carapace de crustacés : elle est composée de *chitine*.

La ténuité de cette membrane, dans les spécimens de Foraminifères porcelanés que nous avons pu étudier, ne nous a pas permis de pousser plus loin l'analyse chimique de cette substance chitineuse.

Cette membrane ne représente pas simplement un vernis de la face interne des loges. La preuve en est que, si, avant leur décalcification, on soumet ces coquilles à l'action d'une solution d'hypochlorite, on retrouve cette membrane intacte après leur décalcification. Elle fait donc partie intégrante de la paroi coquillère et représente bien la substance organique qui sert de substratum aux sels calcaires.

(¹) Séance du 28 mai 1923.

Comme toute substance albuminoïde cette coque chitineuse est altérable. Il ne faut pas s'attendre à la retrouver dans les Foraminifères porcelanés fossiles : il est même indispensable, lorsqu'on la recherche dans les Foraminifères porcelanés récents, de choisir des exemplaires très frais, dont le sarcode ne soit pas mort depuis longtemps. Parmi les Milioles recueillies dans le sable des plages, un grand nombre de spécimens, plus ou moins roulés, sont impropres à cette démonstration, la substance chitineuse ayant déjà disparu par décomposition, sans que rien dans l'aspect extérieur puisse faire soupçonner cette disparition.

La coquille des Foraminifères porcelanés est donc constituée fondamentalement par une membrane chitineuse imprégnée de sels calcaires.

Depuis longtemps on a remarqué que, dans certaines conditions de vie (lacs d'estuaires, eaux saumâtres, etc.), la coquille des Foraminifères porcelanés devient membraneuse et chitineuse, et il est classique de répéter que, dans ce cas, la coquille change de nature. Mes observations montrent qu'il n'en est pas ainsi, la coquille ne change pas de nature, elle s'appauvrit simplement en sels calcaires et se réduit plus ou moins complètment à sa membrane chitineuse fondamentale.

ZOOLOGIE. — *Les cellules interstitielles dans le testicule d'Annélides*, Stylaria *et* Lumbricus. Note de M. **Armand Dehorne**, présentée par M. F. Mesnil.

A l'encontre de *Chætogaster*, chez qui j'ai décrit [1] l'absence de testicule vrai et une disposition curieuse des glandes mâles, très dispersées et formées chacune d'une seule spermatosphère, *Stylaria* présente des sacs testiculaires massifs rappelant ce que l'on voit chez les lombrics.

Ce testicule renferme deux sortes d'éléments : 1° les éléments de la série spermatogénétique ; 2° des cellules tout à fait différentes, intercalées entre les nombreuses spermatosphères et qui correspondent, selon moi, à ce que l'on désigne encore aujourd'hui sous le nom de cellules interstitielles du testicule chez les Vertébrés.

Chez *Stylaria*, ces cellules sont libres les unes par rapport aux autres, bien que souvent au contact, et elles forment autour des spermatosphères une sorte de tissus conjonctif très particulier. Leur cytoplasme ne montre jamais

(1) *C. R. Soc. Biol.*, Paris, n° 12, 1923.

d'inclusions graisseuses, mais il présente certains caractères secrétoires qui font qu'on doit les considérer comme glandulaires. Il est en particulier toujours riche en pigment vert émeraude, lequel se présente sous l'aspect de granules, de bâtonnets et aussi de courts tortillons. Tous ces corps figurés ne sont bien conservés que par les fixateurs osmiqués qui respectent les chondriosomes, ce qui semblerait prouver qu'ils ont un substratum mitochondrial; en tous cas, il n'y a pas d'autres chondriosomes dans le cytoplasme.

Un autre caractère important de ces éléments est le suivant. Dès que les premiers spermatozoïdes sont formés, on en trouve à leur intérieur. Plus tard, lorsque la spermatogénèse est en pleine activité, tous, pour ainsi dire, en renferment. Facilement reconnaissables, on les voit entortillés à même le cytoplasme, ou bien enroulés en spirale dans une grosse vacuole digestive qu'ils paraissent distendre à la manière d'un ressort exerçant son effort.

Il se fait ainsi une destruction relativement considérable de spermatozoïdes au cœur même du testicule, et cette destruction dure tant que tous les éléments spermatogénétiques ne sont pas devenus des spermies. Sommes-nous ici en présence d'un phénomène de désharmonie fonctionnelle où l'on verrait des cellules affamées faire leur nourriture des éléments reproducteurs aussitôt formés? Ou bien assistons-nous simplement à l'élimination par voie phagocytaire des spermies mortes ou mal venues? Sans vouloir nier le fait de phagocytose, je ferai remarquer que les spermatozoïdes peuvent fort bien pénétrer dans les cellules spermiophages par leurs propres moyens. J'ai, en effet, trouvé de-ci de-là, dans l'animal, hors de toute poche génitale, des spermatozoïdes égarés, parfaitement reconnaissables.

J'en ai vu dans le syncytium des néphridies antérieures, et ils s'y présentaient pelotonnés aussi au sein d'une grosse vacuole digestive provoquée par leur intrusion. Normalement, les spermatozoïdes achevés restent immobiles, agglutinés; mais il paraît assez plausible que quelques uns, sollicités chimiquement par les grosses cellules interstitielles voisines, se mobilisent tout à coup et s'enfoncent dans ces dernières. D'ailleurs, il faut noter que des spermatides, même avancées, ne s'y rencontrent jamais, seuls des spermatozoïdes achevés. On trouve aussi à leur intérieur des restes des volumineux cytophores dénudés, déjà en grande partie liquéfiés sous l'action digérante des cellules appliquées sur eux; et pour ces restes, le fait de phagocytose n'est pas douteux.

Quand la spermiogénèse est achevée, le testicule se transforme en un sac gonflé de liquide où flottent les faisceaux de spermatozoïdes. Alors, on ne

voit plus trace des anciennes cellules interstitielles; elles ont éclaté et se sont dissoutes, se comportant en somme comme les cellules interstitielles des Mammifères; ce sont aussi des glandes holocrines. Le liquide des sacs testiculaires est ainsi une solution de leurs substances constituantes; c'est dans ce liquide que les spermatozoïdes en faisceaux vivent jusqu'au moment de l'accouplement.

Chez *Lumbricus*, les faits sont essentiellement les mêmes que chez *Stylaria* et déjà bien connus. Les éléments interstitiels renferment aussi des grains pigmentés, mais ils sont jaunes ou brun clair sur le vivant (« brown corpuscles » de Bloomfield, 1880). La présence de spermatozoïdes à leur intérieur a été signalée par Brasil [1], qui y voit une intense résorption phagocytaire exercée, vis-à-vis des spermatozoïdes non employés, par des amibocytes migrateurs préparant la place pour une nouvelle poussée d'éléments reproducteurs. Cette interprétation finaliste ne peut convenir en tout cas pour *Stylaria*, car il n'existe pas d'amibocytes dans ce dernier genre, et, comme je l'ai dit, la destruction de spermies y commence en même temps, pour ainsi dire, que leur production, c'est-à-dire longtemps avant l'accouplement, et les testicules sont toujours des néoformations chez l'animal quand il devient sexué.

Le rôle des éléments que je viens de décrire semble bien être limité à l'activité du seul testicule. Toutefois, même dans ces conditions, il paraît encore complexe et ne s'arrête sûrement pas à la destruction de spermies mortes ou aberrantes. Leur situation intratesticulaire permet de les rapprocher des cellules du Triton [2] à l'intérieur desquelles on trouve aussi des spermatozoïdes en voie de résorption, et de celles du Cheval [3] qui fabriquent et emmagasinent du pigment.

La nature des cellules interstitielles du testicule, aujourd'hui très discutée, est encore fort loin d'être connue. Le mieux, pour le moment, est de les définir topographiquement, sans songer à les distinguer du point de vue physiologique. Je propose qu'on désigne de ce nom les cellules conjonctives glandulaires qui, quels que soient leur sécrétion et leur comportement, variables forcément d'un type à un autre, forment un enveloppement autour

---

(1) BRASIL, *La résorption phagocytaire des éléments reproducteurs dans les vésicules séminales de* Lumbricus herculeus (*Comptes rendus*, t. 140, 1905).

(2) CH. PÉREZ, *Sur un prétendu tissu interstitiel dans les testicules des Batraciens urodèles* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921).

(3) P. BOUIN et ANCEL, *La glande interstitielle du testicule chez le Cheval* (*Arch. zool. expér. et gén.*, t. 3, 1905).

des centres spermiogènes : ces centres pouvant être, soit un canalicule séminipare, soit un cyste d'urodèle, soit même une spermatosphère d'oligochète.

MÉDECINE. — *De l'action des rayons ultraviolets sur les plaies superficielles.* Note (¹) de MM. **Maxime Ménard** et **Saidman**, présentée par M. Widal.

La cicatrisation de certaines plaies cutanées, même de très faibles dimensions, ne peut être obtenue à la suite de plusieurs semaines, voire même de plusieurs mois d'un traitement convenablement appliqué.

Quelques auteurs ont déjà signalé l'action bienfaisante des rayons ultraviolets sur ces différentes lésions et en particulier ici même à la date du 15 octobre 1917, MM. Charles Benoist et André Helbronner. Pour notre part nous estimons que ce mode de traitement est actuellement celui qui donne les résultats les plus certains.

C'est pourquoi, désireux de nous en tenir aux résultats expérimentaux, rapportons-nous ici les observations de plusieurs malades porteurs de plaies superficielles.

1° *Madame D...*, 39 *ans.* — Plaie de la région palpébrale de 1^{cm} de diamètre, datant de 1 mois, consécutive à l'ablation d'une tumeur. Guérison en 5 séances. Temps total de l'irradiation, 25 minutes.

2° *Madame S...*, 64 *ans.* — Plaie de la région sous-axillaire datant de 2 mois, après ablation du sein pour cancer, mesurant $8^{cm} \times 2^{cm}$, avec suppuration abondante. Guérison en 14 séances. Irradiation : 2 heures.

3° *Madame L...*, 78 *ans.* — Plaie de la région axillaire ($4^{cm} \times 3^{cm}$). Suppuration abondante qui disparaît dès la septième séance. Guérison en 16 séances. Irradiation : 2 heures 20 minutes.

4° *Mademoiselle D...*, 24 *ans.* — Cicatrice de la paroi abdominale, suite de laparotomie. Cicatrice couverte de croûtes et suppuration depuis six mois. Guérison en 13 séances. Irradiation : 1 heure 30 minutes.

5° *Madame B...*, 30 *ans.* — Deux plaies de jambe avec dermite mesurant chacune environ $1^{cm},5$ sur 1^{cm}, le début remonte à un mois, suite d'une intervention chirurgicale pour ostéite du tibia. Mauvais état général. Diminution de la suppuration dès la quatrième séance. A la vingtième séance la cicatrisation n'est pas obtenue, arrêt du traitement par suite de l'apparition d'un ictère.

6° *Monsieur K...*, 48 *ans.* — Plaie du pied chez un malade déjà traité par l'air chaud. Pied douloureux, suppuration abondante. Disparition des douleurs après la

(¹) Séance du 28 mai 1923.

deuxième séance, de la suppuration après la septième séance. Le malade quitte l'hôpital a peu près guéri. Irradiation : 40 minutes.

7° *Madame A...*, 36 *ans.* — Fistule et plaie anale ($5^{mm} \times 7^{mm}$) dont le début remonte à deux mois. Douleurs, suppuration intermittente. Guérison en 15 séances. Irradiation : 2 heures 20 minutes.

8° *Madame V...*, 50 *ans.* — Escarre de la fesse datant de un mois, anfractueuse dont la profondeur atteint $3^{cm},5$, la longueur 7^{cm} et la largeur $3^{cm},5$. Suppuration abondante très diminuée dès la quatrième séance. A la huitième, la cavité de la plaie est entièrement comblée et la guérison obtenue en 13 séances. Irradiation : 1 heure 20 minutes.

9° *Madame M...*, 65 *ans.* — Plaie torpide du gros orteil ayant nécessité l'amputation, récidive sur la cicatrice, suppuration abondante. Après neuf séances presque plus de suppuration, plaie presque cicatrisée; la malade est envoyée en convalescence par le chirurgien traitant.

10° *Madame R...*, 43 *ans.* — Amputation de la cuisse, plaie sur la cicatrice ($3^{cm} \times 2^{cm}$), suppuration depuis quatorze mois. Guérison en 8 séances. Irradiation : une heure.

11° *Madame F...*, 32 *ans.* — Amputation de jambe pour tuberculose osseuse. Cicatrice recouverte de croûtes abondantes. Suppuration. Guérison en 6 séances. Irradiation : 45 minutes.

12° *Madame J...*, 46 *ans.* — Plaie ulcéreuse de la jambe à la suite d'un phlegmon ($8^{cm} \times 3^{cm}$), bords de la plaie taillés à pic, fond sanieux, suppuration abondante. Douleurs, grande gêne de la marche. Diminution de la douleur après la deuxième séance, la marche est possible dès la sixième séance. État stationnaire, sans amélioration notable jusqu'à la trente-neuvième séance à la suite de laquelle le traitement est interrompu.

13° *Monsieur C...*, 39 *ans.* — Dermite de la jambe, deux plaies mesurant environ chacune 3^{cm} sur 2^{cm} avec suppuration abondante dont le début remonte à trois semaines. Guérison après 8 séances, soit 30 minutes d'irradiation.

14° *Monsieur B...*, 62 *ans.* — Deux ulcères de jambe datant de 15 ans : l'un mesurant 12^{cm} sur 6^{cm}, l'autre 5^{cm} sur 6^{cm}. Suppuration abondante, dermite intense. Onze séances sans aucune amélioration.

15° *Madame B...*, 28 *ans.* — Plaie consécutive à un grattage pour ostéite du péroné ($7^{cm} \times 3^{cm}$). Suppuration abondante depuis un mois. La plaie diminue de la moitié de son étendue en 7 séances. Arrêt du traitement et la cicatrisation est complète 15 jours après. Irradiation : 40 minutes.

16° *Mademoiselle V...*, 17 *ans.* — Plaie atone du cou-de-pied à bords irréguliers, mesurant 4^{cm} sur 2^{cm} avec suppuration abondante depuis deux mois. Après deux séances, diminution notable de la suppuration. Guérison complète en 16 séances. Irradiation : 2 heures 30 minutes.

17° *Mademoiselle J...*, 21 *ans.* — Dermite de la cuisse avec plaie de 2^{cm} sur 3^{cm} recouverte de croûtes adhérentes, suppuration intermittente dont le début remonte à un mois, suites d'un abcès chaud couvert spontanément. Guérison en six séances. Irradiation : 35 minutes.

Aucun traitement local ou général autre que les rayons ultraviolets n'a été appliqué chez ces différents malades. Les guérisons obtenues nous paraissent dignes d'être signalées puisque sur 17 malades traités, nous avons obtenu 12 guérisons certaines, 3 améliorations (5, 6 et 9) dont les deux dernières peuvent être considérées comme des guérisons, les deux malades n'étant pas venus à nouveau se faire traiter et la première (5me) ayant interrompu le traitement par suite de l'apparition d'un ictère. Nous ne comptons que deux échecs : les malades des observations 12 et 14.

L'utilisation d'une lampe de 1200 bougies nous a paru suffisante non seulement pour les traitements des plaies superficielles, mais encore dans les autres maladies justiciables des rayons ultraviolets. Les résultats obtenus montrent que le temps utile pour la guérison est moindre pour les rayons ultraviolets que pour la cure solaire ordinaire.

La technique est peut-être délicate dans son application mais ne peut être décrite d'une manière absolue. L'état général du malade a une grande influence sur les réactions possibles de la peau. Cette réaction, pour être dosée utilement, ne peut être que le résultat de tâtonnements successifs pour chaque malade en particulier. Il est souvent nécessaire, en effet, d'obtenir un érythème assez intense de la peau pour obtenir la guérison, mais cet érythème n'a aucune conséquence fâcheuse pour le malade si la pratique de ce mode d'irradiation est confiée à un technicien averti.

A 16 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Physique, par l'organe de M. Villard, remplaçant le Doyen empêché, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *E. Bouty* :

En première ligne, ex æquo par ordre alphabétique	MM. **Charles Fabry**, **Jean Perrin**
En seconde ligne	M. **Aimé Cotton**
En troisième ligne, ex æquo par ordre alphabétique	MM. **Henri Abraham**, **Paul Langevin**, **Anatole Leduc**

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 18h.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 9 avril 1923.)

Note de M. *E.-O. Lovett*, Sur certaines propriétés fonctionnelles des coniques et leurs généralisations :

Page 977, la dernière formule, *au lieu de* $-a_{r,l,p}$, *lire* $-\frac{1}{2}a_{r,l,p}$.